

ANNALES

DES MINES

Les **Annales des Mines** sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le chef du cabinet, du personnel et du secrétariat, est composée ainsi qu'il suit :

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des **Annales des Mines** pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les **Annales des Mines** doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des **Annales des Mines**.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des **Annales des Mines** a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT.

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME XIX.

PARIS

Vve Ch. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

1891

BIBLIOGRAPHIE.

PREMIER SEMESTRE DE 1891.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

BIEHLER (C.). — Sur la division des arcs en trigonométrie; Sur les équations binômes. In-8°, 18 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 0f,75. (Extr. des *Nouvelles Annales de mathématiques.*) (6712)

BOURLET (C.). — Sur les équations aux dérivées partielles simultanées qui contiennent plusieurs fonctions inconnues (thèse). In-4°, 68 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (4479)

CAUCHY (A.). — Œuvres complètes d'Augustin Cauchy. Publiées sous la direction scientifique et sous les auspices de M. le ministre de l'instruction publique. 2e série. T. IX. In-4°, 452 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 25 fr. (3748)

COATPONT (de). — Note sur la géométrie du compas. In-8°, 8 p. avec fig. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. 0f,50. (3752)

DORMOY (E.). — Traité mathématique de l'écarté; par *E. Dormoy*, ingénieur en chef des mines. Préface de *Francisque Sarcey.* In-16, 287 p. avec fig. Paris, Lahure. (6225)

FERMAT. — Œuvres de Fermat. Publiées par les soins de MM. *P. Tannery* et *Ch. Henry*, sous les auspices du ministère de l'instruction publique. T. Ier : Œuvres mathématiques diverses; Observations sur Diophante. In-4°, XXXVII-441 p. avec fig. et grav. Paris, Gauthier-Villars et fils. 22 fr. (1074)

FOURET (G.). — Sur la méthode d'approximation de Newton. In-8°, 23 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 1 fr. (Extr. des *Nouvelles Annales de mathématiques.*) (3774)

Hermite. — Cours de M. Hermite à la Faculté des sciences de Paris, rédigé en 1882 par M. *Andoyer*, élève à l'École normale. 4e *édition*, revue et augmentée. In-4°, vi-297 p. avec fig. Paris, Hermann. 15 fr. (4031)

Jablonski (E.). — Théorie des équations (suite aux Compléments d'algèbre), avec de nombreux exercices. In-8°, xii-404 p. avec 18 fig. Paris, Delalain frères. 7f,50. (4577)

Laffaille (J.). — Étude sur le tracé de l'ellipse. In-8° à 2 col., 22 p. avec fig. Paris, Laffaille. (6099)

Laplace. — Œuvres complètes de Laplace. Publiées sous les auspices de l'Académie des sciences, par MM. les secrétaires perpétuels. T. VIII. In-4°, 509 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 20 fr. (1117)

Lefrançois (A.). — Nouveau planimètre de précision de G. Coradi. Théorie analytique comparée des planimètres Amsler et Coradi, avantages de ce dernier instrument, description et usage. In-8°, iv-76 p. et planches. Grenoble, imp. Dupont. 3 fr. (3469)

Maleyx (L.). — Étude géométrique des propriétés des coniques d'après leur définition. In-8°, 154 p. avec fig. Paris Gauthier-Villars et fils. 2f,75. (1137)

Mangeot (S.). — De la symétrie courbe (thèse). In-4°, 165 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3814)

Marie (M.). — Note sur un mémoire de M. Henri Poincaré, publié en 1887 dans les Acta mathematica de Stockholm, relatif aux résidus des intégrales doubles. In-8°, 12 p. Paris, imp. Larousse. (1604)

Matrot (A.). — Démonstration élémentaire du théorème de Bachet, « tout nombre entier est la somme de quatre carrés au plus ». In-8°, 16 p. Paris, Nony et Cie. (6317)

Resal (H.). — Exposition de la théorie des surfaces. In-8°, xiii-172 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 4f,50. (4870)

Réveille (J.). — Relation entre deux modes de projection de la sphère et Note sur une détermination rapide des points d'une courbe de hauteur. In-8°, 12 p. avec fig. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Annales hydrographiques*.) (1386)

Riquier. — Sur les fonctions continues d'un nombre quelconque de variables et sur le principe fondamental de la théorie des équations algébriques. In-4°, 28 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 1f,50. (Extr. des *Annales de l'École normale supérieure*.) (4675)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Agenda du chimiste pour 1891 : par MM. *G. Salet*, chargé de cours à la Faculté des sciences, *Ch. Girard*, directeur du laboratoire municipal, *A. Pabst*, chimiste principal au laboratoire municipal. In-18, XVIII-544 p. et portrait. Paris, Hachette et C°. 2f,50. (2977)

AMAT (L.). — Sur les phosphites et les pyrophosphites (thèse). In-4°, 89 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3705)

ANDRÉ (C.). — Oscillations diurnes du magnétisme terrestre observées à Lyon et déduites du magnétomètre Mascart. In-8°, 6 p. avec tracé graphique. Lyon, imp. Plan. (Extr. des *Mém. de l'Acad. des sciences, belles-lettres et arts de Lyon*). (3244)

BÉDOS (P.). — Les Quantités électriques et leurs unités, conférence faite au cercle des officiers à Carcassonne, le 9 février 1891. In-8°, 14 p. Paris, Nony et C°. (6174)

BERGET (A.). — Photographie des couleurs par la méthode interférentielle de M. Lippmann. In-18 jésus, VI-58 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 1f,50. (3732)

BERTHELOT (D.). — Recherches sur les conductibilités électriques des acides organiques et de leurs sels (thèse). In-8°, 120 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3733)

CELLERIER (C.). — Mémoire sur les variations des excentricités et des inclinaisons. In-4°, 208 p. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Mémoires présentés par divers savants à l'Acad. des sciences*). (2478)

CHABRIÉ (C.), G. PATEIN, V. AUGER, A. BÉHAL et A. COMBES. — Conférences faites au laboratoire de M. Friedel. (1888-1889.) 2° fascicule. Gr. in-8°, 192 p. Paris, Carré. (3749)

CHAPPUIS (J.) et A. BERGET. — Leçons de physique générale. Cours professé à l'École centrale des arts et manufactures et complété suivant le programme de la licence ès sciences physiques. 2 vol. in-8° avec fig. T. Ier : Instruments de mesure ; Chaleur ; Capillarité, IX-487 p. T. II : Électricité et Magnétisme, 500 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 13 fr. (5491)

CHÔMIENNE (C.). — Étude sur la combustion. In-8°, 91 p. et 2 pl. Paris, Chaix. (Extr. du *Bull. technol. de la Soc. des anciens élèves des écoles nationales d'arts et métiers.*) (754)

Collection de mémoires relatifs à la physique, publiés par la Société française de physique. T. V : Mémoires sur le pendule. Seconde partie. In-8°, 433 p. et pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 12 fr. (3754)

Denigès (G.). — Recherche simultanée des sels haloïdes et particulièrement des chlorures en présence des bromures. In-8°, 7 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du *Bull. des travaux de la Soc. de pharmacie de Bordeaux.*) (2790)

Dictionnaire d'électricité et de magnétisme; par *J. Lefèvre*, professeur à l'École des sciences de Nantes. Avec la collaboration d'ingénieurs et d'électriciens. Illustré de figures intercalées dans le texte, comprenant les applications aux sciences, aux arts et à l'industrie. 3e fascicule. In-8° à 2 col., p. 513 à 768. Paris, J.-B. Baillière et fils. 7 fr. (1524)

—— 4e fascicule. (Fin.) In-8° à 2 col., p. 769 à 1022 et XI p. Paris, J.-B. Baillière et fils. 7 fr. (L'ouvrage complet, 25 fr.) (6472)

Ditte (A.). — Leçons sur les métaux professées à la Faculté des sciences de Paris. 1er fascicule. In-4°, LVIII-669 p. avec fig. Paris, Ve Dunod. 15 fr. (4764)

Dubreuque (G.). — Considérations sur la théorie des gaz. In-8°, 66 p. avec fig. Bourges, imp. Tardy Pigelet. (504)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Fremy, de l'Institut. T. III : Métaux. 16e cahier : « l'Or. » T. V. Deuxième partie : Métallurgie, « l'Or »; par MM. *E. Cumenge* et *Ed. Fuchs*, ingénieurs en chef des mines, avec la collaboration de MM. *F. Robellaz*, *Ch. Laforgue*, *Ed. Saladin*, ingénieurs civils des mines. 2 vol. in-8°. T. III, 246 p. avec fig. et pl. T. V, 205 p. avec fig. et 22 pl. Paris, Dunod. (Chaque tome : 12f,50.) (4769)

Évrard (A.). — Les Usines métallurgiques de la Société de Marcinelle et Couillet (Belgique). Progrès et Développement de la métallurgie; Fabrication du matériel de guerre; Tourelles cuirassées. In-8°, 27 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil.*) (2516)

Farjou (A.). — Notice descriptive de l'intensiomètre, pour la mesure pratique, rapide et sans calcul des piles, des courants et des lignes télégraphiques ou téléphoniques. In-8°, 32 p. avec fig. Bordeaux, Gounouilhou. Paris, Rouam et Ce. (6243)

Fremy (E.). — Synthèse du rubis (1877-1890). In-4°, 38 p. et 22 pl. en coul. Paris, Ve Dunod. (4295)

Frölich (O.). — La Machine dynamo-électrique : exposé théorique, calculs, applications pratiques. Ouvrage traduit de l'allemand par *E. Boistel*. In-8°, XVI-263 p. avec 64 fig. Paris, Baudry et Ce. (78)

Gaudin (G.). — Notions de chimie générale. Détermination des

nombres proportionnels; Théorie atomique; Dissociation et Transformations allotropiques. In-8°, VIII-384 p. avec fig. Paris, Colin et C°. (2820)

GEISENHEIMER (G.). — Sur les chlorures et bromures doubles d'iridium et de phosphore (thèse). In-4°, 64 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3777)

GENVRESSE (P.). — Contribution à l'étude de l'éther acétylacétique (thèse). In-8°, 84 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3778)

GUICHARD. — Hydrotimétrie. Nouvelles applications analytiques. In-8°, 8 p. Paris, imp. Flammarion. (Extr. du *Journal de pharmacie et de chimie.*) (5279)

HENRIVAUX (J.). — Contribution à l'étude du gaz à l'eau; son emploi industriel. In-8°, 8 p. Tours, imp. Bousrez. (6275)

HOCHSTETTER (J.). — De l'attaque du plomb par l'acide sulfurique et de l'action protectrice de certaines impuretés, telles que le cuivre et l'antimoine. In-8°, 14 p. Lille, imp. Danel. (6085)

HOUDAILLE (F.). — Mesure de l'évaporation diurne. Description de l'évaporomètre enregistreur. In-8°, 20 p. et pl. Montpellier, imp. Boehm. (Extr. des *Annales de l'École nat. d'agriculture de Montpellier.*) (7175)

JAGNAUX (R.). — Histoire de la chimie. In-8°, 2 vol. Paris, Baudry et C°. 32 fr.

JAMIN (J.). — Cours de physique de l'École polytechnique; par M. *J. Jamin. 4° édition*, augmentée et entièrement refondue par M. *Bouty*, professeur à la Faculté des sciences de Paris. T. IV. (Deuxième partie.) 4° fascicule : Météorologie électrique; Applications de l'électricité; Théories générales. In-8°, 244 p. avec fig. et pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 5 fr. (3797)

JÜPTNER DE JONSTORFF (H.). — Traité pratique de chimie métallurgique. Traduit de l'allemand par *E. Vlasto*, ingénieur des arts et manufactures. *Édition* française, revue et augmentée par l'auteur. In-8°, x-360 p. avec fig. et 2 pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 10 fr. (1320)

LE CHATELIER (H.) et G. MOURET. — Les Équilibres chimiques. In-8°, 40 p. Paris, Carré. (Extr. de la *Revue générale des sciences.*) (5860)

LELAURIN (E.). — Aide-mémoire de physique industrielle. In-18 jésus, 184 p. avec fig. et pl. Paris, Bernard et C°. (4595)

LÉVY (L.). — Contribution à l'étude du titane (thèse). In-4°, 92 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (3808)

MAHLER (P.). — Traits principaux de la fabrication des aciers moulés. In-8°, 27 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (3812)

MAIGNE et O. MATHEY. — Manuels Roret. Nouveau Manuel complet de dorure, argenture et nickelage sur métaux au feu, au trempé, à la feuille, au pinceau, au pouce et par la méthode électro-métallurgique, traitant du cobaltisage, du platinage, du cuivre, du plombage, de l'étamage, du zincage, etc., suivi de la coloration des métaux et de son application aux pièces d'horlogerie : par MM. *Maigne* et *O. Mathey*. *Nouvelle édition*, corrigée et augmentée par M. *A. M. Villon*, ingénieur chimiste et professeur de technologie chimique. Ouvrage orné de figures. Petit in-18, VIII-416 p. Paris, Roret. 3f,50. (4070)

MOURGUES (L.-E.). — Recherches chimiques et physiologiques sur quelques principes immédiats du persil. In-4°, 76 p. avec grav. et pl. en coul. Paris, Steinheil. (4833)

OSMOND (F.). — Transformations du fer et du carbone dans les fers et les aciers. In-8°, 60 p. et 2 pl. Paris, Imp. nationale. (1627)

POINCARÉ (H.). — Cours de physique mathématique. Électricité et Optique. II : les Théories d'Helmholtz et les Expériences d'Hertz. Leçons professées pendant le second semestre 1889-1890 par *H. Poincaré*, membre de l'Institut. Rédigées par *Bernard Brunhes*, ancien élève de l'École normale supérieure, agrégé de l'Université. In-8°, XI-263 p. avec fig. Paris, Carré. (5373)

SCHWARTZE (T.). — Téléphone, Microphone et Radiophone. 2e *édition* française par *G. Fournier*, revue et augmentée par *D. Tommasi*. Avec 153 fig. dans le texte. Gr. in-16, 288 p. Paris, Tignol. 4 fr. (5681)

SÉJOURNET (P.). — Notes et Résultats d'expérience sur les phosphates métallurgiques des aciéries du Creusot (Schneider et Ce). In-8°, 96 p. Nancy, imp. Berger-Levrault et Ce. (3856)

SILVA (R.-D.). — Traité d'analyse chimique de *R.-D. Silva*, professeur à l'Ecole centrale des arts et manufactures et à l'Ecole municipale de physique et de chimie industrielles. Publié par M. *R. Engel*, professeur à l'Ecole centrale, membre correspondant de l'Académie de médecine. Avec 110 fig. dans le texte. In-8°, XVI-624 p. Paris, G. Masson. (4419)

TANRET (C.). — Sur la lévosine, nouveau principe immédiat des céréales. In-8°, 8 p. Paris, imp. Marpon et Flammarion. (Extr. du *Journal de pharmacie et de chimie*.) (2959)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

BORDAGE (E.). — Note sur la caverne magdalénienne du gros roc

du Douhet. In-8°, 12 p. La Rochelle, imp. Texier. (3285)

BOULE (M.). — Les Gros Animaux fossiles de l'Amérique, conférence faite à l'Association française pour l'avancement des sciences, le 24 janvier 1891. In-8°, 47 p. avec fig. Paris, imp. May et Motteroz. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (3942)

BRIHAT (A.) et F. POMMEROL. — La Station préhistorique de Pranal. In-8°, 16 p. Clermont-Ferrand, imp. Mont-Louis. (7000)

BUCAILLE (E.). — Liste des bryozoaires observés dans les étages crétacés du département de la Seine-Inférieure. In-8°, 8 p. Rouen, imp. Lecerf. (Extr. du *Bull. de la Soc. des amis des sciences naturelles de Rouen.*) (217)

Carte géologique du bassin houiller du Gard (en deux feuilles), dressée sous les auspices d'*A. Parran*, ingénieur en chef des mines, par *F.-Cyrille Grand'Eury*, correspondant de l'Institut. 1889. Echelle de 1/20.000. Gravée par Erhard. Paris, imp. Erhard. (515)

CODER (V.). — Dictionnaire abrégé de géologie. In-8°, 110 p. Marseille, imp. Garry et Ce. 5 fr. (7048)

DELAPORTE (E.). — Géologie et Topographie. Etude des renseignements fournis à la géologie et de leur application à la topographie. In-32, 55 p. Limoges et Paris, Ch. Lavauzelle. 0f,50. (1785)

DOLLO (L.). — La Vie au sein des mers. La Faune marine et les grandes profondeurs : les Grandes Explorations sous-marines; les Conditions d'existence dans les abysses; la Faune abyssale. Avec 46 figures intercalées dans le texte. In-16, 304 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. 3f,50. (2795)

Exploration scientifique de la Tunisie. Description des mollusques fossiles des terrains crétacés de la région sud des hauts plateaux de la Tunisie recueillis en 1885 et 1886 par M. Philippe Thomas, de la mission de l'exploration scientifique de la Tunisie; par *Alph. Péron*. Deuxième partie. In-8°, p. 105 à 327 et album in-4° (pl. 23 à 29 du fascicule 2, troisième partie, dessinées d'après nature par M. *F. Gauthier*). Paris, Imp. nationale. (La première partie du fascicule 2, comprenant les pl. 12 à 14, sera publiée ultérieurement, avec le mémoire auquel elles se rapportent.) (6241)

FILHOL (H.). — Etudes sur les mammifères fossiles de Sansan. In-8°, 321 p. avec fig. et 46 pl. hors texte. Paris, Masson. (4536)

FOLIN (de). — Formation des roches nummulitiques par la matière animale. In-8°, 8 p. Biarritz, imp. Lamaignère. (7128)

Fournier (E.). — Esquisse géologique des environs de Marseille, accompagnée de 21 planches de coupes classées par massifs. In-8°, 106 p. Marseille, imp. Achard et Ce. 2^f,50. (3400)

Girardot (A.). — Les Premières Etudes géologiques en Franche-Comté, discours de réception à l'Académie des sciences, belles-lettres et arts de Besançon. In-8°, 30 p. Besançon, imp. Jacquin. (4303)

Gosselet (J.). — Silex taillés trouvés dans les exploitations de phosphate de chaux de M. Delattre, à Quiévy, près Solesmes (Nord). Gr. in-8°, 8 p. et 7 pl. Lille, imp. Danel. (4559)

Grand'Eury (C.). — Géologie et Paléontologie du bassin houiller du Gard. In-4°, 355 p. avec fig. Atlas in-fol. de 23 pl. Carte géol. en couleurs. Saint-Etienne, imp. Théolier et Ce. (7154)

Jus (H.). — Résumé graphique des sondages exécutés dans la province de Constantine du 1er juin 1856 au 1er janvier 1890, suivi d'une notice sur la région de l'Oued-Rir. In-8°, 14 p. Constantine, imp. Marle. (830)

Kilian (W.). — Sur quelques Céphalopodes nouveaux ou peu connus de la période secondaire. 2 brochures. In-8°. I, 8 p. et pl.; II, 11 p. et 2 pl. Grenoble, imp. Allier père et fils. (Extr. des *Annales de l'enseignement supérieur de Grenoble.*) (6525)

Lapparent (A. de). — Histoire d'une collection. La Galerie de géologie et de minéralogie à l'Institut catholique de Paris. In-8°, 16 p. Paris, Poussielgue. (Extr. du *Bull. de l'Institut catholique de Paris.*) (5040)

Lecornu (L.). — Sur le bassin silurien de la Brèche-au-Diable. In-8°, 11 p. et plan. Caen, Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linn. de Normandie.*) (3806)

Lion (G.). — Traité élémentaire de cristallographie géométrique, à l'usage des candidats à la licence et des chimistes. Gr. in-8°, xii-149 p. avec fig. Paris, Carré. (567)

Locard (A.). — Note sur les coquilles terrestres de la faune quaternaire de la Baume-d'Hostun (Drôme). In-8°, 22 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. (314)

Margerie (E. de). — La Géologie de l'Andalousie et le tremblement de terre du 25 décembre 1884, d'après le récent rapport de la mission française. In-8°, 20 p. avec fig. Paris, Doin. (Extr. de la *Revue générale des sciences pures et appliquées.*) (1141)

Milliard (A.). — Archéologie préhistorique. Note sur les silex et les quartzites paléolithiques de Fédry (Haute-Saône). In-8°, 8 p. et pl. Vesoul, imp. Suchaux. (7262)

PERRIN (A.). — Station de l'âge de la pierre polie, plateau de Saint-Saturnin, notice. In-8°, 11 p. Chambéry, imp. Drivet. (8575)

PRIEM (F.). — Cours de géologie. In-8°, 304 p. avec fig. et carte en coul. Paris, Picard et Kaan. (626)

—— L'Evolution des formes animales avant l'apparition de l'homme. Avec 175 fig. intercalées dans le texte. In-16, 384 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. 3f,50, (6599)

RUSSEL WALLACE (A.). — I : le Darwinisme. Exposé de la théorie de la sélection naturelle, avec quelques-unes de ses applications; par *A. Russel Wallace*. Traduction française, avec fig., par *Henry de Varigny*, docteur ès sciences, membre de la Société de biologie. In-18 jésus, xx-674 p. Paris, Lecrosnier et Babé. (6359)

SAYN (G.). — Description des Ammonitidés du barrémien du Djebel-Ouach. In-8°, 84 p. et 3 pl. Lyon, imp. Pitrat aîné. (1939)

VALLOT (J. et H.). — Etudes pyrénéennes. Les Marmites de géants : formation et forme géométrique. Cinquième étude. In-8°, 25 p. et 2 pl. Paris, Lechevalier. (4904)

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

ARNAL (L.). — Traité de mécanique (statique, cinématique, dynamique, hydraulique, résistance des matériaux, chaudières à vapeur, moteurs à vapeur et à gaz). T. II : Dynamique et Hydraulique. Gr. in-8° à 2 col., 512 p. avec fig. Paris, Fanchon et Artus. 16 fr. (434)

BERGAUD (A.). — Note sur la diminution des eaux souterraines aux mines de Bruay (Pas-de-Calais). In-8°, 15 p. Douai, imp. Crépin. (5737)

BOSSUT (L.). — Sur l'emploi des méthodes géométriques dans la détermination des efforts intérieurs qui s'exercent dans les travures réticulaires. In-8°, 35 p. avec 6 pl. Nancy et Paris, Berger-Levrault et Cie. (2261)

BRILLOUIN (M.). — Recherches récentes sur diverses questions d'hydrodynamique. Exposé des travaux de Von Helmholtz, Kirchhoff, sir W. Thomson, lord Rayleigh, etc. Première partie : Tourbillons. In-4°, 48 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 2f,50. (4481)

BUCHETTI (J.). — La Construction mécanique : éléments, bois, fonte, fer, aciers et trempe des outils, métaux divers et alliages,

travail des métaux, etc. In-4°, 127 p. avec 80 fig. et 17 pl. dont une en coul. Paris, imp. Chaix; l'auteur. 12 fr. (5996)

CARCENAT et DERENNES. — Note sur l'épuration préalable de l'eau d'alimentation des locomotives au chemin de fer du Nord. In-8°, 24 p. et 2 pl. Paris, imp. Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (225)

Carte des mines d'or de Gondo, par *E. Nibaut*, ingénieur. Paris, imp. Lemercier et Cᵉ. (436)

CASALONGA (D.-A.). — Mémoire sur le rendement direct et absolu de la machine à vapeur. In-8°, 19 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (6197)

CHAUDY (F.). — Théorie nouvelle de la stabilité des prismes chargés debout. Application graphique aux prismes de section variable. In-8°, 21 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du même recueil.) (233)

CORNUT (E.). — Congrès international de mécanique appliquée. Conférence sur les essais des fers et des aciers et les laboratoires de mécanique. In-8°, 163 p. Lille, imp. Danel. (242)

DELAISSEMENT. — Appareils protecteurs en usage dans le laminage de la verge de tréfilerie. Extraits d'un rapport de M. *Delaissement*, inspecteur divisionnaire du travail dans l'industrie à Reims, publiés dans le *Bulletin de la Société de protection des apprentis et des enfants employés dans les manufactures.* In-8°, 12 p. Paris, imp. Chaix. (4977)

DESBRIÈRES (P.). — Le plus sûr moyen de mettre les mineurs à l'abri des explosions du grisou dans les mines de houille. In-8°, 4 p. Creusot, imp. Remandet. (2292)

DRZEWIECKI (S.). — Le Vol plané. Essai d'une solution mécanique du problème. In-8°, 48 p. avec fig. Paris, Bernard et Cᵉ. (6764)

DUCHEMIN (R.). — Essai d'une explication rationnelle et scientifique de l'attraction universelle. In-8°, 46 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (Extr. du *Cosmos.*) (6023)

FONTAINE (G.). — Observations et Essais sur le graissage des machines envisagé au point de vue économique et sur les dépôts dans les chaudières marines. In-8°, 63 p. Paris, Baudoin. (Extr. de la *Revue maritime et coloniale.*) (6247)

GOSSELET. — Les Richesses minérales de la région du Nord (houilles, phosphates de chaux, marbres, etc.), conférence faite devant la Société industrielle du nord de la France, le 18 janvier 1891. In-8°, 22 p. avec fig. et pl. Lille, imp. Danel. (7152)

HALL (O.). — Une visite aux mines de Lens. (Association amicale

des anciens élèves de l'École centrale, groupe de la Somme, séance du 19 mars 1891.) In-16, 32 p. Abbeville, imp. Fourdrinier et Cᵉ. (7165)

ICHON. — Notice sur l'exploitation souterraine des ardoisières d'Angers. In-8°, 98 p. Angers, imp. Lachèse et Dolbeau. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale.*) (3795)

LAFFAILLE (J.). — Navigation aérienne. Résolution des principes physiques nécessaires pour la direction; application possible de ces principes à tous les appareils munis de mécanismes. In-8° à 2 col., VII-55 p. avec fig. Paris, Laffaille. (6101)

LEGAY-CHEVALIER. — Notice sur les carrières de Volvic. In-16, 35 p. Clermont-Ferrand, imp. Standachar. (5861)

LÉVY (M.). — L'Hydrodynamique moderne et l'hypothèse des actions à distance, leçon d'ouverture faite au Collège de France, le 2 décembre 1890. In-8°, 28 p. Paris, Doin. (Extr. de la *Revue générale des sciences pures et appliquées.*) (1134)

Notice sur le nombre, les salaires et la durée du travail des ouvriers des mines en 1890. In-4°, 27 p. et carte en couleur. Paris, Vᵉ Dunod; Baudry et Cᵉ. 2ᶠ,50. (Extr. de la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie pour l'année* 1889.) (4372)

Plan d'ensemble des carrières souterraines de Paris et du département de la Seine (en quatre feuilles), dressé sous la direction d'*O. Keller*, ingénieur en chef des mines, inspecteur général des carrières de la Seine. Échelle de 1/25.000. Gravé par L. Wuhrer. Paris, imp. Monrocq. (406)

POCHE (G.). — Origine des forces de la nature. Nouvelle théorie, remplaçant celle de l'attraction. In-18 jésus, 316 p. avec fig. Paris, G. Masson. (1922)

POILLON (L.). — Les locomotives sans foyer; leur application aux tramways mexicains. In-18, 16 p. Paris, imp. Barré. (620)

SAINT-GERMAIN (de). — Étude d'un cas particulier du mouvement d'un point dans un milieu résistant. In-8°, 9 p. Caen, imp. Delesques. (Extr. des *Mém. de l'Acad. nat. des sciences, arts et belles-lettres de Caen.*) (3211)

STAPFER (D.). — Alimentation des chaudières marines à haute pression. In-8°, 14 p. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (3866)

TREMORF (H. de). — Au pays de l'or. Une promenade aux mines du Valais (Suisse). In-8°, 72 p. avec grav. Paris, imp. Garcias. (6657)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Carte du réseau des chemins de fer de l'Est. Avril 1891. Échelle de 1/1.000.000. Gravée par J. Jérome. Paris, imp. Dufrénoy. (437)

Chaix (J.). — Cours de construction, publié sous la direction de G. Oslet, ingénieur des arts et manufactures. Partie civile. Traité des ponts. Première partie : Ponts en maçonnerie et tunnels (t. Ier, huitième partie). Grand in-8° à 2 col., VIII-807 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 25 fr. (476)

—— —— Traité de coupe des pierres (stéréotomie). Sixième partie. Grand in-8° à 2 col., 567 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 17f,50. (477)

Chemins (les) de fer à navires et leurs applications (système Amédée Sébillot). Note spéciale sur l'application à Panama, pour achever l'entreprise en trois ans, avec une dépense de 250 millions. In-8°, 24 p. Paris, imp. Ve Ethiou-Pérou. (2483)

Colson (C.).— Transports et tarifs. Précis du régime des routes et chemins, canaux et rivières, ports de mer, chemins de fer, lois économiques de la détermination des prix de transport, prix de revient, statistique du trafic, tarifs de chemins de fer français, comparaisons avec les principaux pays étrangers. In-8°, 483 p. Paris, Rothschild. (5496)

Cormerois (L.).— Nouveau système de ponts suspendus rigides; applications diverses. In-4°, 24 p. avec fig. Nîmes, imp. Chastanier. (7062)

Courau (J.). — Tarifs paraboliques et hyperboliques. Nouvelle méthode d'unification des tarifs différentiels. In-8°, 34 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil.*) (1041)

Davrillé des Essards (H.). — La solution du Métropolitain par la transversale. In-8°, 24 p. avec fig. Paris, imp. P. Dupont; l'auteur. (6752)

Decauville (P.). — Réponse à la note de M. Félix Martin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, sur le régime des chemins de fer secondaires en France. In-8°, 28 p. Corbeil, imp. Crété. (7076)

Féraud. — Note sur le mode de suspension des véhicules considéré au point de vue de la conservation des voies de chemins de fer et de tramways. In-8°, 11 p. Paris, imp. Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (2813)

Février (J.-F.). — Quelques mots, faisant suite à une brochure précédente traitant le même sujet, sur le Métropolitain de

Paris. In-8°, 7 p. Paris, May et Motteroz. (Extr. du journal *l'Architecture.*) (6245)

FONTVIOLANT (B. de). — Méthode générale de détermination des lignes d'influence dans les poutres pleines ou réticulaires assujetties à des conditions surabondantes. In-8°, 20 p. avec fig. Paris, Steinheil. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (2088)

GADOT (P.). — La traction électrique et la traction animale des tramways. In-18 jésus, 141 p. avec fig. Paris, Bernard et Cᵉ. (1298)

GOMEL (C.). — Les droits de l'État sur les tarifs de chemins de fer en Angleterre et aux États-Unis. In-8°, 28 p. Paris, Guillaumin. (6057)

GUYOT (Y.). — Discussion du budget des conventions (art. 44 de la loi de finances). Discours prononcé par M. Yves Guyot, ministre des travaux publics, à la séance du Sénat du 23 décembre 1890. In-4° à 3 col., 3 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel* du 25 décembre 1890.) (1313)

—— Interpellation de M. Baïhaut sur l'interprétation de l'article 16 de la convention de 1883 avec le Paris-Lyon-Méditerranée. Discours prononcé par M. Yves Guyot, ministre des travaux publics, à la séance de la Chambre des députés du 26 janvier 1891. In-4° à 3 col., 4 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel* du 27 janvier 1891.) (1830)

JACQUILLAT (F.). — Le chemin de fer à voie de $0^{m},60$ à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 24 p. et tableau. Paris, Berger-Levrault et Cᵉ. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (1108)

LAPPARENT (A. de). — La question du Métropolitain. In-8°, 50 p. Paris, imp. de Soye et fils. (Extr. du *Correspondant.*) (556)

—— A propos du Métropolitain. Le projet Haag. In-8°, 16 p. Paris, imp. de Soye et fils. (Extr. du même recueil.) (1326)

MARTIN (F.). — Du régime des chemins de fer secondaires en France. In-8°, 31 p. Paris, Baudry et Cᵉ. (3499)

MOREAU (A.) et G. PETIT. — Congrès international des procédés de construction. Comptes rendus des séances et visites du congrès à l'Exposition universelle internationale de 1889. In-8°, 409 p. avec fig. Paris, Baudry et Cᵉ. (591)

OLIVE (J.). — Cours de construction, publié sous la direction de G. Oslet, ingénieur des arts et manufactures. Partie civile. Traité d'hydraulique : alimentation et distribution d'eau, jaugeages, établissement de fontaines publiques. Douzième partie.

Grand in-8° à 2 col., 688 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 21f,50. (597)

OSLET (G.). — Cours de construction, publié sous la direction de G. Oslet, ingénieur des arts et manufactures. Partie civile. Matériaux de construction et leur emploi. Première partie. Grand in-8° à 2 col., 672 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 21 fr. (600)

—— —— Traité de charpente en bois. Quatrième partie. Grand in-8° à 2 col., 556 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 17 fr. (601)

OSLET (G.) et J. CHAIX. — Cours de construction, publié sous la direction de G. Oslet, ingénieur des arts et manufactures. Partie civile. Traité des fondations, mortiers, maçonneries. Troisième partie. Grand in-8° à 2 col., 720 p. avec fig. Paris, Chairgrasse fils. 22f,50. (602)

PARANDIER (N.-A.). — Application de la géologie à la recherche des chaux et ciments hydrauliques sur la ligne du tracé du canal de la Marne au Rhin. In-8°, 64 p. et tableau. Arbois, imp. Chapeau. (Extr. des *Annales des ponts et chaussées* de 1840.) (2605)

—— Questions de chemin de fer à résoudre pour l'arrondissement de Poligny. In-8°, 12 p. Arbois, imp. Chapeau. (2606)

PARTIOT. — Transport d'un torpilleur effectué de Toulon à Cherbourg par les chemins de fer. In-8°, 63 p. avec fig. Paris, Baudry et Ce. (4645)

ROWAN (W. R.). — De la traction économique pour tramways (urbains et régionaux). In-4°, 54 p. avec 29 fig. Paris, Baudry et Ce. (162)

SAUTEREAU (G.). — Le Métropolitain de Paris. Métropolitain d'intérêt général. Nouveau projet dressé par *G. Sautereau*, ingénieur. In-4°, 14 p. et 3 pl. Paris, imp. P. Dupont. (2390)

Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1889. Documents principaux. In-4°, 419 p. et cartes en coul. Paris, Imp. nationale. 5 fr. (Ministère des travaux publics.) (6649)

TELLIER (C.). — Le véritable Métropolitain. In-8°, 79 p. avec fig. et plan. Paris, Michelet. (4422)

TUBEUF (G.). — Cours de construction, publié sous la direction de G. Oslet, ingénieur des arts et manufactures. Partie civile. Traité d'architecture théorique et pratique. T. Ier : Histoire de l'architecture. Dessins de l'auteur. Septième partie. Grand in-8° à 2 col., 512 p. Paris, Chairgrasse fils. 16 fr. (672)

—— —— Traité d'architecture théorique et pratique. T. II : Partie

pratique. Dessins de l'auteur. Septième partie. Gr. in-8° à 2 col., 560 p. Paris, Chairgrasse fils. 17f,50. (946)

VILLAIN (P.). — Le Métropolitain qu'on peut faire. Projet *P. Villain*. In-8°, 28 p. et plan. Paris, imp. Gardanne. (5695)

6° *Objets divers.*

Album de statistique graphique de 1889. Gravé par A. Simon. Paris, Imp. nationale. (Ministère des travaux publics.) (99)

BELLOM (M.). — Etude des coefficients de risques adoptés en Autriche en matière d'accident du travail. In-8°, 35 p. Paris, 37, boulevard Magenta. (Extr. du *Bull. du comité permanent du congrès des accidents du travail.*) (1992)

—— Etude de la législation allemande en matière d'assurance contre la maladie, d'après le projet de loi du 22 novembre 1890. In-8°, 63 p. Paris, secrétariat général du comité, 20, rue Louis-le-Grand. (Extr. du même recueil.) (5167)

—— Étude sur les tribunaux industriels allemands, communication faite à la séance générale du 10 décembre 1890 de la Société de législation comparée. In-8°, 36 p. Paris, Pichon. (Extr. du *Bull. de la Soc. de législation comparée.*) (1993)

—— Étude sur la loi allemande relative à l'industrie et sur les projets de modification dont elle a été l'objet, communication faite à la séance générale du 14 janvier 1891 de la Société de législation comparée. In-8°, 51 p. Paris, Pichon. (Extr. du même recueil.) (2452)

—— Note sur le projet portant modification de la loi allemande relative à l'industrie. In-8°, 16 p. Paris, Pichon. (Extr. du même recueil.) (5168)

Chemin de fer transsaharien. Documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie, par M. *A. Choisy*, ingénieur en chef des ponts et chaussées. Texte. 1er volume. Rapport de l'ingénieur en chef. Rapport sur les travaux géodésiques et topographiques de la mission et Etudes des lignes de Laghouat à El-Goléa et de Biskra à Ouargla, par M. *J. Barois*, ingénieur des ponts et chaussées. Rapport géologique : Géologie du Sahara algérien et Aperçu géologique sur le Sahara de l'océan Atlantique à la mer Rouge, par M. *G. Rolland*, ingénieur au corps des mines. In-4°, 396 p. avec fig., pl. et album in-4° de 41 pl. en noir et en coul. Paris, Imp. nationale. (48)

DESPLACES (H.). — La Législation du travail en France et la Conférence internationale de Berlin, discours prononcé le 18 dé-

cembre 1890, à la séance solennelle de rentrée de la conférence des avocats de Marseille. In-8°, 57 p. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (4277)

FOCK (A.). — Les tracés du Transsaharien. In-8°, 14 p. Constantine, imp. Heim. (Extr. du journal *le Siècle*.) (5827)

GIBON (A.). — Les Accidents du travail. Nouveau projet de M. le ministre du commerce et de l'industrie. In-8° à 2 col., 14 p. Paris, P. Dupont. (4301)

HENRY (E.). — Les Formes des enquêtes administratives en matière de travaux d'intérêt public. Gr. in-8°, VIII-166 p. Nancy et Paris, Berger-Levrault et Ce. (2114)

JAY (R.). — La Question des accidents du travail en Suisse. In-8°, 37 p. Paris, Larose et Forcel. (Extr. de la *Revue d'économie politique*.) (3447)

LAUR (F.). — Les Mines et Usines en 1889. Etude complète sur l'Exposition universelle de 1889. 3 fascicules. In-8°. Première partie : les Mines du Nord et du Pas-de-Calais, 173 p. avec fig.; Deuxième partie : les Usines du Nord et de l'Est, p. 177 à 598 avec fig.; Troisième partie : les Usines de Paris et environs, p. 601 à 935 avec fig. Neuilly, imp. Bouzin; l'auteur. (Prix du fascicule séparé : 2^{f},50. Prix de l'ouvrage entier en 2 vol. : 15 fr. en souscrivant et 20 fr. après publication.) (4330)

MOCH (G.). — Procédé Mannesmann pour la fabrication des tubes métalliques. In-8°, 16 p. avec fig. Nancy et Paris, Berger-Levrault et Ce. (Extr. de la *Revue d'artillerie*.) (2164)

Sciences appliquées à l'art militaire. (Chemins de fer, télégraphie électrique et optique, téléphonie, pigeons voyageurs, aérostation, ponts militaires, routes militaires, comprenant 640 p. et 672 fig. dans le texte.) Gr. in-8° à 2 col., 640 p. Paris, Chairgrasse fils. 20 fr. (659)

SOUDRILLE (J.). — Le Transsaharien et la Pacification de l'Algérie et de nos possessions de l'Afrique occidentale. Etude générale sur un chemin de fer qui relierait la Méditerranée à l'océan Atlantique en mettant en communication directe l'Algérie avec le Soudan, la Sénégambie et la Guinée. In-8°, 68 p. et carte. Oran, imp. Heintz. (387)

TARDIF (E.). — Système rationel des sciences expérimentales. In-8°, 48 p. Paris, Garnier frères. 1 fr. (4893)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Dixon (E.-T.). — The Foundations of Geometry. In-8°. Cambridge, Deighton, Bell and C°. Bell. 7f,50.

Eustace (J.-M.). — Notes on Trigonometry and Logarithms. In-8°, 306 p. Longmans. 5f,65.

Graham (R.-H.). — Geometry of Position. In-8°, 186 p. Macmillan. 9f,40.

Greenhill (A.-G.). — Differential and Integral Calculus. With Applications. 2nd ed. In-8°, 470 p. Macmillan. 13f,15.

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Bonney (G.-E.). — The Electroplaters' Handbook : A Practical Manual for Amateurs and Young Students in Electro-Metallurgy. With 61 Illusts. In-8°, 208 p. Whittaker. 3f,75.

Caillard (E.-M.). — Electricity, the Science of the Nineteenth Century : A Sketch for General Readers. With Illusts. In-12, 312 p. Murray. 9f,40.

Calleja (C.). — Theory of Physics. A Rectification of the Theories of molar Mechanics, Heat, Chemistry, Sound. In-8°. Light and Electricity. Londres. 7f,50.

Davies (C.). — An Explanation of the Phonophore, and more Especially of the Simplex Phonophore Telegraph. Illust. In-4°. Paul, Trübner and C°. 5 fr.

Dittmar (W.). — Chemical Arithmetic. Part I. Collection of Tables, Mathematical, Chemical and Physical, for the Use of Chemists and others. In-8°. Glasgow, Hodge Williams and Norgate. 7f,50.

Eissler (M.). — The Metallurgy of Gold. 3rd ed, Revised and greatly Enlarged. In-8°, 540 p. Crosby Lockwood and Son. 15f,65.

Emtage (W.-T.-A.). — An Introduction to the Mathematical Theory of Electricity and Magnetism. In-8°, 228 p. Clarendon Press. 9f,40.

Gordon (J.-E.-H.). — A physical treatise on electricity and magnetism. 3rd ed. 2 vol. In-8°, 680 p. Low. 52f,50.

HIORNS (A.-H.). — Mixed Metals; or, Metallic Alloys. In-8°, XVI-384 p. Macmillan. 7f,50.

HOFFS (J.-H. van't). — Chemistry in Space. Trans. and Edit. by *J.-E. Marsh*. In-8°, 126 p. Clarendon Press. 5f,65.

HOWE (H.-M.). — The Metallurgy of Steed. 2nd ed., Revised and Enlarged, with Woodcuts and Plates. Vol. I. In-4°. Gay and Bird. 62f,50.

MEYER (E. von). — A. History of Chemistry, from Earliest Times to the Present Day : Being also an Introduction to the Study of the Science. Trans., with the Author's Sanction, by *G. M'Gowan*. In-8°, XXII-556 p. Macmillan. 17f,50.

MUNRO (J.). — Pocket-book of Electrical Rules and Tables. 7th ed., Revised and Enlarged. Oblong. Griffin. 10f,65.

RAMSAY (W.). — A System of Inorganic Chemistry. In-8°, 710 p. Churchill. 18f,75.

RICKETTS (P. de P.). — Notes on Assaying and Assay Schemes. 13th ed., Revised and Enlarged. Illust. In-8°, Gay and Bird. 18f,75.

ROSCOE (Sir H.-E.) and SCHORLEMMER (C.). — A Treatise on Chemistry. Vol. 3 : The Chemistry of the Hydrocarbons and their Derivatives in Organic Chemistry. Part III. New and thoroughly Revised ed. In-8°, 436 p. Macmillan. 22f,50.

STREATFIELD (F.-W.). — Practical Work in Organic Chemistry. With a Prefatory Notice by Prof. *R. Mildora*. In-8°, 168 p. Spons. 3f,75.

THORPE (T.-E.). — A Dictionary of Applied Chemistry. 3 vols. Vol. II. In-8°, 720 p. Longmans. 52f,50.

WANKLYN (J.-A.) and CHAPMAN (E.-T.). — Water Analysis : A Practical Treatise on the Examination of Potable Water. 8th ed. In-8°, 214 p. Paul, Trübner and C°. 6f,25.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ALFORD (C.-J.). — Geological Features of the Transvaal, South Africa. With Maps and Illusts. In-8°, 64 p. Stanford. 6f,25.

DARWIN (C.). — On the Structure and Distribution of Coral Reefs. Edit., with an Introduction by *Joseph W. Williams*. Map and Illusts. In-8°, XXIV-278 p. Walter Scott. 1f,25.

—— Geological Observations on the Volcanic Islands, and Parts of South America visited during the Voyage of H.M.S. Beagle. 3rd ed. With Maps and Illusts. In-8°, 634 p. Smith, Elder and C°. 15f,65.

GEIKIE (A).. — Outlines of Field Geology. 4th ed. In-8°, 252 p. Macmillan. 4f,40.

HATCH (F.-H.). — An Introduction to the Study of Petrology : The Igneous Rocks. With 43 Illusts. In-8°, 122 p. Swan Sonnenschein. 4f,40.

KUNZ (G.-F.). — Gems and Precious Stones of North America. 8 Cold. Plates and numerous Woodcuts. In-8°, Gay and Bird. 62f,50.

MORTON (G.-H.). — The Geology of The Country around Liverpool, including the North of Flintshire. 2nd ed. In-8°. Philip. 15f,65.

WILLIAMS (G.-H.). — Elements of Crystallography, for Students of Chemistry, Physics and Mineralogy. 2nd ed., Revised. In-8°, 260 p. Macmillan. 7f,50.

4° *Mécanique. — Exploitation des Mines.*

ANDERSON (J.-W.). — The Prospector's Handbook : A Guide for the Prospector and Traveller in Search of Metal Bearing or other Valuable Minerals. 5th ed., Revised. In-12, 156 p. Crosby Lockwood and Son. 4f,40.

BESANT (W.-H.). — A. Treatise on Hydromechanics. Part I, Hydrostatics. 5th ed., Revised. In-8°, 260 p. Bell and Sons. 6f,25.

BUCHAN (W.-P.). — Ventilation : A Text Book to the Practice of Ventilating Buildings. With a Supplementary Chapter upon Air Testing. With 170 Illusts. In-12, 226 p. Lockwood and Son. 5 fr.

COTTERILL (J.-H.) and SLADE (J.-H.). — Lessons in Applied Mechanics. Id-12, 522 p. Macmillan. 6f,90.

FOLEY (N.). — The Mechanical Engineer's Reference Book for Machine and Boiler Construction. With 51 Plates and numerous Illustrations Specially Drawn and Engraved for this Work. In-fol. Lockwood and Son. 131f,25.

GOODEVE (T.-M.). — Text-Book on the Steam Engine. 11th ed., Enlarged. In-8°, 380 p. Crosby Lockwood and Son. 7f,50.

Government publications. — Home Office. Mines. List of the Plans of Abandoned Mines Deposited in the Home Office under the Coal and Metalliferous Mines Regulation Acts, including Plans Transferred from the late Mining Record Office. Corrected to the 31st December, 1890. 0f,70.

KING (W.) and POPE (T.-A.). — Gold, Copper and Lead in Chota Nagpore and the Adjacent Country. With Map showing the Geology of the Gold Fields. In-8°, Calcutta, Thacker. 12f,50.

KIRKPATRICK (T.-S.-G.). — The hydraulic Gold Miners Manual. Londres. In-8°. 9 fr.

LONEY (S.-L.). — Elements of Statics and Dynamics. In-12, 450 p. Cambridge Warehouse. 9f,40.

MELDOLA (Prof.). — Coal and what we Get from it : Notes of a Lecture Delivered in the Theatre of the London Institution, January 20th, 1890. With several Illusts. In-12. S.P.C.K. 3f,15.

PAMELY (C.). — The Colliery Manager's Handbook : A Comprehensive Treatise on the Laying-Out and Working of Collieries. Designed as a Book of Reference for Colliery Managers and for the Use of Coal Mining Students Preparing for First Class Certificates. With nearly 500 Plans, Diagrams and other Illusts. In-8°, 500 p. Crosby Lockwood and Son. 31f,25.

Parliamentary. — Mineral Statistics of the United Kingdom for 1890. 1f,80.

—— Mines. Coal Mines Regulations Act, 1887. Prosecutions. Return. 1f,15.

—— —— Inspectors' Reports for 1890. 14 Parts. 0f,65.

RANKIN (T.-T.). — Applied Mechanics. Advanced Stage. With Answers to the Calculations. In-12, 20 p. Simpkin. 0f,45.

REID. — Handy Colliery Guide and Directory for the Counties of Northumberland and Durham. In-8°, 136 p. Newcastle-on Tyne, Reid, Sons and C°. 3f,15.

ROUTH (E.-J.). — A Treatise on Analytical Statics. With numerous Examples. Vol. I. In-8°, 380 p. Cambridge Warehouse. 17f,50.

STUART (J.-M.). — The Ancient Gold Fields of Africa from the Gold Coast to Mashonaland. In-4°. E. Wilson and C°. 9f,40.

THURSTON (R.-H.). — Heat as a Form of Energy. (Heinemann's Scientific Handbooks.) In-12, 268 p. Heinemann. 6f,25.

URQUHART (J.-W.). — Dynamo Construction : A Practical Handbook for the Use of Engineer Constructors and Electricians-in-Charge; Embracing Framework Building, Field Magnet and Armature Winding and Grouping, Compounding, etc. With Examples of Leading English, American and Continental Dynamos and Motors. With numerous Illusts. In-8°, 352 p. Crosby Lockwood and Son. 9f,40.

WHITHAMS (J.-M.). — Constructive Steam Engineering. A Descriptive Treatise, embracing Engines, Pumps and Boilers, and their Accessories and Appendages. Illust. In-8°, 908 p. Gay and Bird. 56f,25.

WILSON (E.-B.). — Practical Mine Ventilation, for the Use of

Mining Engineers, Students and Practical Men. Illust. In-8°. Gay and Bird. 8f,15.

5° *Chemins de fer.*

ACWORTH (W.-M.). — The Railway and the Traders : A Sketch of the Railway Rates Question in Theory and Practice. In-8°, 378 p. Murray. 7f,50.

COOPER (R.-A.). — Free Railway Travel : A Proposal that the State should Acquire and Maintain the Railways, Making them Free to the Public like the Highways. In-8°, 31 p. W. Reeves. 0f,65.

FISHER (J.-A.). — Railway Accounts and Finance : An Exposition of the Principles and Practice of Railway Accounting in all its Branches. In-8°, xvi-514 p. Bemrose. 13f,15.

Government Publications. — Railway and Canal Traffic Act, 1888. Index to the Official Report of the Proceedings at the Hearing of Objections to the Revised Classifications and Schedules of Rates and Charges of the Various Railway Companies. By *Lord Balfour of Burleigh* and *Courtenay Boyle*, Esq., C.B., of the Board of Trade. 7f,50.

Parliamentary. — Railways. Signal Arrangements and Systems. Returns for 1890. 1f,05.

—— Railway Servants. Hours of Labour. Sept., 1889, to March, 1890. Return. 0f,65.

—— Railway Accidents. Returns and Inspectors' Reports, 1890. 1f,40.

STRETTON (C.-E.). — Safe Railway Working : A Treatise on Railway Accidents, their Cause and Provention. 2nd ed., Enlarged. In-8°, 214 p. Crosby Lockwood and Son. 4f,40.

6° *Objets divers.*

BIGGS (C.-H.-W.). — First Principles of Electrical Engineering : Being an Attempt to Provide an Elementary Book for Those who are Intending to Enter the Profession of Electrical Engineering. Illust. In-8°, xiv-204 p. Biggs and C°. 3f,15.

CLARK (L.). — A. Dictionary of Metric and other Useful Measures. In-8°, 110 p. Spons. 7f,50.

SALOMONS (Sir D.). — Electric Light Installations and the Management of Accumulators. 6th ed., Revised and Enlarged. With numerous Illusts. In-8°, 428 p. Whittaker and C°. 7f,50.

SMITH (F.). — Tables, Memoranda and Calculated Results, for Mechanics, Engineers, Architects, Builders, Surveyors, etc. 5th ed., Revised and Enlarged, with a New Section of Electrical Tables, Formulæ, etc. In-16. Crosby Lockwood and Son. 1f,90.

STANLEY (W.-F.). — Surveying and Levelling Instruments, Theoretically and Practically Described for Construction, Qualities, Selection, Preservation, Adjustments and Uses with other Apparatus and Appliances used by Civil Engineers and Surveyors. In-8°, 550 p. Spons. 9f,40.

WOOLHOUSE (W.-S.-B.). — Measures, Weights and Moneys of all Nations, and an Analysis of the Christian, Hebrew and Mahomedan Calendars. 7th ed., carefully Revised and Enlarged. In-8°, 242 p. Crosby Lockwood and Son. 3f,15.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

American and English Railroad Cases : A Collection of all the Railroad Cases in the Courts of Last Resort in America and England. Edit. by *J.-C. Thomson* and *W.-M. Mc Kinney*. Vol. 43. In-8°, VII-740 p. New-York, Northport. 31f,25.

BECKER (G.-F.). — The structure of a portion of the Sierra Nevada of California. New-York. In-8°, 26 p. (Extr. du *Bull. of the Geol. Soc. of America.*)

—— Antiquities from under Tuolumme Table Mountain in California. — Notes on the early Cretaceous of California and Oregon. New-York. In-8°, 20 p., 1 pl. (Extr. du même recueil.)

DAY (D.-T.). — Mineral Resources of the United States. Calendar Year 1888. (Department of the Interior. — United States Geological Survey.) In-8°, 652 p. Washington, Government Printing Office. 2f,75.

CAGE (A.-P.). — Physical Laboratory Manual and Note book : Including more than Two Hundred Experiments and Exercises. And Especially Adapted to Accompany the Author's Text-Books on Physics. In-8°, 121 p. Boston, Ginn and C°. 2f,50.

HOLTON (W.-R.). — The Washington Bridge over the Harlem

River, at 181st Street, New-York City. A Description of its Construction. Illust. In-4°. New-York, Rosenberg.

LATIMER (L.-H.). — Incandescent Electric Lighting : A Practical Description of the Edison System. In-24. New-York, D. Van Nostrand and C°. 3f,15.

MAC-LEAN (J.-P.). — An Historical, Archæological and Geological Examination of Fingal's Cave, in the Island of Staffa. Rewritten and Enlarged from the Original Report made to the Smithsonian Institution in the year 1887. In-8°, II-49 p. Cincinnati, Rob. Clarke and C°. 4f,40.

POWELL (J.-W.). — Ninth Annual Report of the United States Geological Survey to the Secretary of the Interior, 1887-88. Illust. In-8°, XIV-718 p. Washington, Government Printing Office.

SMITH (E.-F.). — Electro-Chemical Analysis : A Practical Handbook. Illust. In-12. New-York, D. Van Nostrand C°. 6f,25.

United States Geological Survey. — In-8°. Bulletin, No. 58, The Glacial Boundary in Western Pennsylvania, Ohio, Kentucky, Indiana, and Illinois. By *G.-F. Wright.* With an Introduction by *T.-C. Chamberlain.* Illust. 112 p. 0f,85. — No. 59, The Gabbros and Associated Rocks in Delaware. By *Fr.-D. Chester* Map. 44 p. 0f,55. — No. 60, Report of Work Done in the Division of Chemistry and Physics, Mainly during the Fiscal Year 1887-88. By *F.-W. Clarke,* 174 p. 2f,75. — No. 61, Contributions to the Mineralogy of the Pacific Coast. By *W.-H. Merville* and *W. Lindgreen.* Illust. 40 p. 0f,30. — No. 63, A Bibliography of Paleozoic Crustacea from 1698 to 1889. Including a List of North American Species and a Systematic Arrangement of Genera. By *A.-W. Vogdes.* 177 p. 0f,85. — No. 64, A Report of Work None in the Division of Chemistry and Physics, Mainly during the Fiscal Year 1888-89. By *F.-W. Clarke,* 60 p. 0f,55. — No. 66, On a Group of Volcanic Rocks from the Tewan Mountains, New Mexico, and on the Occurrence of Primary Quartz in Certain Basalts. By *J. Paxson Iddings.* 34 p. 0f,30. Washington, Government Printing Office.

—— Monographs. Vol. I, Lake Bonneville. y *G.-K. Gilbert.* Maps and Plates. In-4°, XX-438 p. Washington, Government Printing Office. 8f,25.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques pures.*

BLIND (A.). — Lehrbuch der Gleichungen des II. Grades (quadratische Gleichungen) mit einer Unbekannten. Stuttgart, J. Maier. In-8°, VIII-497 p. 12f,50. (897)

BOBEK (K. J.). — Lehrbuch der Wahrscheinlichkeitsrechnung. Stuttgart, J. Maier. VIII-296 p. 7f,50. (898)

GRAF (J. H.). — Geschichte der Mathematik und der Naturwissenschaften in bernischen Landen vom Wiederaufblühen der Wissenschaften bis in die neuere Zeit. 3. Heft. [II. Abth.]: Die 1. Häfte des XVIII. Jahrhunderts. Berne, Wyss. In-8°, IV-280 p., av. portr. 3 fr. (499)

GROSSMANN (L.). — Die Mathematik im Dienste der Nationalökonomie mit Hinweis auf die allgemeine Integration der linearen Differential-Gleichungen höherer Ordnung, eine neue wissenschaftliche Errungenschaft auf dem Gebiete der reinen Mathematik. 5. Lfg. Vienne, l'auteur. In-8°, IV-72 p. et Appendice, p. 17-24. 7f,50. (133)

HANNER (A.). — Analytische Geometrie des Punktes, der Geraden und der Kegelschnitte, nach neueren Methoden dargestellt. Prague, Dominicus. In-8°, VIII-480 p., av. 127 fig. dans le texte. 12f,50. (917)

HEYMANN (W.). — Studien über die Transformation und Integration der Differential- und Differenzengleichungen, nebst einem Anhang verwandter Aufgaben. Leipzig, Teubner. In-8°, X-436 p. 15 fr. (1280)

HORN (J.). — Ueber Systeme linearer Differentialgleichungen mit mehreren Veränderlichen. Berlin, Mayer und Müller. In-8°, 123 p. 4f,50. (1710)

JUNKER (J.). — Die Verallgemeinerung der Hermiteschen Transformation im Zusammenhang mit der invarianten theoretischen Reduktion der Gleichungen. Cologne. Crefeld, J. Greven. In-4°, III-32 p. 2f,50. (2102)

MOECKE (E.). — Ueber zweiachsig-symmetrische Kurven 4. Ordnung mit zwei Doppelpunkten. Gross-Strehlitz, Wilpert. In-4°, 20 p., 1 pl. 1f,50. (1724)

Müller (E. R.). — Lehrbuch der planimetrischen Konstruktionsaufgaben, gelöst durch geometrische Analysis. I. Thl. Aufgaben, gelöst ohne Anwendung der Proportionenlehre. Stuttgart, J. Maier. In-8°, xii-235 p. 6f,25. (928)

Rudio (F.). — Die Elemente der analytischen Geometrie des Raumes. Leipzig, Teubner. In-8°, x-156 p., av. 12 fig. 3 fr. (1295)

Schober (K.). — Ueber die Construction der Halbschattengrenzen der Flächen zweiten Grades unter Voraussetzung von Kugelbeleuchtungen. Innsbrück, Wagner. In-8°, 40 p., 2 pl. 4 fr. (153)

Schröder (J.). — Ueber den Zusammenhang der hyperelliptischen σ- und ϑ- Functionen. Leipzig. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 79 p. 2 fr. (154)

Weber (H.). — Elliptische Functionen und algebraische Zahlen. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°, xiii-504 p. 16f,25. (526)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

Brasche (O.). — Ueber Verwendbarkeit der Spectroscopie zur Unterscheidung der Farbenreactionen der Gifte im Interesse der forensischen Chemie. Dorpat, Karow. In-8°, 99 p., 14 pl. 3f,15. (1267)

Buchka (K.). — Lehrbuch der analytischen Chemie. I. Thl. Qualitative Analyse. Vienne, Deuticke. In-8°, xii-262 p., av. 5 fig. et 1 pl. 7f,50. (497)

Buddeberg (M.). — Beiträge zur Kenntnis der Substituierbarkeit der Methylenwasserstoffatome im Desoxybenzoïn und Benzylcyamid. Heidelberg, Hörning. In-8°, 40 p. 1f,50. (1268)

Cantzler (A.). — Zur Kenntnis der Isocyanate der aromatischen Reihe. Heidelberg, Hörning. In-8°, 35 p. 1f,50. (1269)

Erlenmeyer (E.). — Lehrbuch der organischen Chemie. 9. Lfg. Herausgegeben von *O. Hecht*. Leipzig, C. F. Winter. In-8°. I. Thl. III. Bd. vi p. et p. 1-324. 7f,50. (129)

Handbuch der Physik, unter Mitwirkung von F. Auerbach, E. Brodhun, F. Braun u. A. herausgegeben von *A. Winkelmann*. I. Bd. Breslau, Trewendt. In-8°, iii-878 p., av. 297 fig. 30 fr. (915)

Handwörterbuch (neues) der Chemie. Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und angewandten Chemie und unter Mitwirkung von Baumann, Bunsen, Fittig u. a.

Gelehrten bearbeitet und redigirt von *Hm. v. Fehling.* Fortgesetzt von *C. Hell.* 68. Lfg. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°. VI. Bd., p. 1-96. 3 fr. (916)

Knoblauch (H.). — Ueber die Polarisation der strahlenden Wärme durch totale Reflexion. (Extr. des *Nova acta d. k. Leopold. Carol. Deutsch. Akad. d. Naturforscher.*) Halle a/S. Leipzig, Engelmann. In-4°, 24 p., 6 pl. et 6 zincogr. 6f,25. (1283)

Kobert (R.). — Ueber Cyanmethaemoglobin und den Nachweis der Blausäure. Stuttgart, Enke. In-8°, vii-64 p., av. 1 pl. en coul. 3f,50. (1716)

Kosmann (B.). — Die Darstellung von Chlor und Chlorwasserstoffsäure aus Chlormagnesium. Berlin, Simion. In-4°, 49 p., av. 19 fig. 2f,50. (1717)

Kruss (G. und H.). — Kolorimetrie und quantitative Spektralanalyse in ihrer Anwendung in der Chemie. Hambourg, Voss. In-8°, viii-291 p., av. 34 fig. et 6 pl. 10 fr. (1285)

Lassar-Cohn. — Arbeitsmethoden für organisch-chemische Laboratorien. Hambourg, Voss. In-8°, x-339 p., av. 30 fig. 6f,25. (1286)

Ledebur (A.). — Die Gasfeuerungen für metallurgische Zwecke. Leipzig, Felix. In-8°, viii-126 p., av. 70 fig. 10 fr. (376)

Lehmann (O.). — Die Krystallanalyse oder die chemische Analyse durch Beobachtung der Krystallbildung mit Hülfe des Mikroskops. Leipzig, Engelmann. In-8°, vi-82 p., av. 8 fig. 2f,50. (1287)

Liesegang (R. E.). — Probleme der Gegenwart. I. Bd. Beiträge zum Problem des electrischen Fernsehens. Düsseldorf, Liesegang. In-8°, x-130 p., av. 14 fig. 3f,75. (1719)

Medicus (L.). — Einleitung in die chemische Analyse. 3. u. 4. Heft. Tübingen, Laupp. In-8°, viii-165 p. et viii-112 p., av. 27 fig. 6f,50. (508)

Thenius (G.). — Die Fabrikation der Leuchtgase nach den neuesten Forschungen. Vienne, Hartleben. In-8°, xvi-623 p., av. 155 fig. 10 fr. (1169)

Vortmann (G.). — Anleitung zur chemischen Analyse organischer Stoffe. 2. Hälfte. Vienne, F. Deuticke. In-8°, xii p. et p. 169-408, av. 27 fig. et 18 pl. 7f,50. (Complet, 12f,50.) (2117)

Wendt (G.). — Die Entwicklung der Elemente. Entwurf zu einer biogenetischen Grundlage für Chemie und Physik. Berlin, Hirschwald. In-8°, 50 p., av. 1 pl. 2f,50. (1741)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Abhandlungen, allgemein-verständliche naturwissenschaftliche. 15. Heft. Die Urvierfüssler (Eotetrapoda) des sächsischen Rothliegenden. Von *Hm. Credner.* (Extr. de la *Naturwissensch. Wochenschrift.*) Berlin, Dümmler. In-8°, 52 p., av. fig. 1f,25. (890)

v. AMMON (L.). — Die permischen Amphibien der Rheinpfalz. Munich, literat.-art. Anstalt. In-4°, 119 p., 5 pl. 15 fr. (2082)

BITTNER (A.). — Brachiopoden der alpinen Trias. (Extr. des *Abhandl. der k. k. geol. Reichsanstalt.* XIV. Bd.) Vienne, Hölder. In-4°, VI-325 p., av. 41 pl. 100 fr. (496)

BLANCKENHORN (M.). — Grundzüge der Geologie und physikalischen Geographie von Nord-Syrien. Berlin, Friedländer und Sohn. In-4°, III-102 p. 45 fr. (896)

DIENER (C.).— Der Gebirgsbau der Westalpen. Prague, F. Tempsky. [Leipzig, G. Freytag.] In-4°, V-243 p., av. 2 cartes. 8f,75. (2092)

Encyklopädie der Naturwissenschaften, herausgegeben vom *W. Förster, A. Kenngott, A. Ladenburg,* etc. II. Abth. 61-63. Lfg. III. Abth. 8. u. 9. Lfg. Breslau, Trewendt. In-8°. Chaque livraison, 3f,75. (2096)

FISCHER (E.). — Die Versteinerungs- und Vererzungsmittel. Berlin, Gaertner. In-4°, 26 p. 1f,25. (1273)

FRAAS (E.). — Die Ichthyosaurier der süddeutschen Trias- und Jura-Ablagerungen. Tübingen, Laupp. In-4°, 81 p., av. 14 pl. 50 fr. (1703)

FRITSCH (A.). — Fauna der Gaskohle und der Kalksteine der Permformation Böhmens. III. Bd. 1. Heft. Selachii [Pleuracanthus, Xenacanthus]. Prague, Rivnác. In-f°, 48 p., av. 12 pl. 40 fr. (130)

FRUH (J.). — Zur Kenntniss der gesteinbildenden Algen der Schweizer-Alpen. (Extr. des *Abhandl. d. schweiz. paläont. Gesellsch.*) Zurich. [Berlin, Friedländer und Sohn.] In-4°, III-33 p., av. 1 pl. 3f,75. (1705)

GOLDSCHMIDT (V.). — Index der Krystallformen der Mineralien. III. Bd. Hefte 4-6. Berlin, Springer. In-8°, p. 183-320-362. 6f,50. (910-1276)

GREIM (G.). — Beitrag zur Kenntniss des Kieselschiefers. (Extr. des *Verhandl. d. phys.-medizin. Gesellsch. zu Würzburg.*) Wurzbourg, Stahel. In-8°, 34 p., av. 1 pl. 1f,90. (2101)

HAECKEL (E.). — Plankton-Studien. Vergleichende Untersuchun-

gen über die Bedeutung und Zusammensetzung der Pelagianischen Fauna und Flora. Iéna, Fischer. In-8°, VIII–105 p. 3f,15. (1706)

HAEUSLER (R.). — Monographie der Foraminiferen-Fauna der schweizerischen Transversarius-Zone. (Extr. des *Abhandl. d. schweiz. paläont. Gesellsch.*) Zurich. [Berlin, Friedländer und Sohn.] In-4°, 134 p., avec 15 pl. 22f,50. (1707)

HINTZE (C.). — Handbuch der Mineralogie. 3. Lfg. Leipzig, Veit und Co. In-8°. II. Bd., p. 321-480, av. 79 fig. 6f,25. (919)

HOERNES (R.) und M. AUINGER. — Die Gasteropoden der Meeres-Ablagerungen der 1. u. 2. miocänen Mediterran-Stufe in der österreichisch-ungarischen Monarchie. 7. Lfg. Vienne, Hölder. In-f°, p. 283-330, av. 6 pl. 8f,75. (1281)

KAYSER (E.). — Lehrbuch der geologischen Formationskunde. Stuttgart, Enke. In-8°, VIII-386 p., av. 70 fig. et 73 pl. 17f,50. (504)

KISSLING (E.). — Die versteinerten Tier- und Pflanzenreste der Umgebung von Bern. Excursionsbüchlein für Studierende. Berne, Wyss. In-8°, III-71 p., av. 8 pl. 4f,50. (505)

KLOCKMANN (F.). — Lehrbuch der Mineralogie für Studierende und zum Selbstunterricht. 1. Hälfte, enthaltend den allgemeinen Theil. Stuttgart, Enke. In-8°, 192 p., av. 257 fig. 6 fr. (1715)

KRAUSE (A.). — Die Ostrakoden der silurischen Diluvialgeschiebe. Berlin, Gaertner. In-4°, 24 p. 1f,25. (1284)

MARTINI und CHEMNITZ. — Systematisches Conchylien-Cabinet. In Verbindung mit Philippi, Pfeiffer, Dunker, etc., neu herausgegeben und vervollständigt von *H. C. Küster*, nach dessen Tode forgesetzt von *W. Kobelt*. Livr. 377-381. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 112 p., av. 30 pl. col. Chaque livr., 11f,25. (142)

—— Sect. 124 et 125. Nüremberg, Bauer und Raspe. In-4°, 88 et 56 p., av. 18 et 19 pl. color. Chaque section, 33f,75. (143)

MOUCHKETOW (J. V.). — Das Erdbeben von Vernyj vom 28 mai (9 Juni) 1887. Saint-Pétersbourg. In-4°, III-154 p., av. 43 fig. et 4 cartes. (Extr. des *Mémoires du Comité géologique.*) (En russe et en allemand). 13f,15. (1290)

OSSOWSKI (G.). — Sprawozdanie z wycieczki paleontologicznej po Galicji w roku 1889. (Rapport sur une excursion paléontologique en Galicie). Cracovie. In-8°, 52 p., 2 pl. 5 fr. (1291)

RAMMELSBERG (C.). — Ueber die chemische Natur der Turmaline. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wissenschaften.*) Berlin, G. Reimer. In-4°, 75 p. 4f,40. (514)

SCHAUFUSS (L. W.). — Preussens Bernstein-Käfer. Pselaphiden.

(Extr. de la *Tijdschr. voor Entomologie.*) Haag. [Berlin, Friedländer und Sohn.] In-4°, 62 p., av. 1 tabl. et 5 pl. 8f,75. (152)

Toula (F.). — Geologische Untersuchungen im östlichen Balkan und in den angrenzenden Gebieten. (Extr. des *Denkschr. d. k. Akad. d. Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-4°, 80 p., av. 7 pl. et 41 fig. 11 fr. (156)

Walther (J.). — Die Denudation in der Wüste und ihre geologische Bedeutung. Untersuchungen über die Bildung der Sedimente in den ägyptischen Wüsten. (Extr. des *Abhandl. d. k. sächs. Gesellsch. der Wissenschaften.*) Leipzig, Hirzel. In-8°, 226 p., av. 8 pl. et 99 fig. 10 fr. (1740)

Zittel (K. A.). — Handbuch der Palaeontologie. Unter Mitwirkung von *W. Ph. Schimper* und *A. Schenk* herausgegeben. I. Abth. Palaeozoologie. 13. Lfg. Munich, Oldenbourg. In-8°, III. Bd. xii p. et p. 633-900, av. 160 fig. 13f,75. (529)

4° *Mécanique. — Exploitation des Mines.*

Budde (E.). — Allgemeine Mechanik der Punkte und starren Systeme. Ein Lehrbuch für Hochschulen. II. Bd. Mechanische Summen und starre Gebilde. Berlin, G. Reimer. In-8°, xii p. et p. 419-968, av. fig. 16f,25. (901)

Handbuch der Ingenieurwissenschaften. IV. Bd. Die Baumaschinen. Unter Mitwirkung von L. Franzius herausgegeben von *F. Linke.* III. Abtlg. 6. Lfg. Leipzig, Engelmann. In-8°, viii-131-6-x p., av. 91 fig. et 7 pl. lith. (Fin). 8f,75. (368)

Horovsky (E.). — Deutsch-bömisch-russisches berg- und hüttenmännisches Wörterbuch. 9. Lfg. Prague, Rivnac. In-8°, xvii p. et p. 385-449 (Fin). 2 fr. (761

Krieg (M.). — Die elektrischen Motoren und ihre Anwendungen in der Industrie und im Gewerbe, sowie im Eisen- und Strassenbahnwesen. Mit ca. 200 Illustrationen, Plänen, Skizzen u. s. w. Livr. 2 à 4. Leipzig, Leiner. In-8°, p. 65-252 (Fin). Chaque livraison, 2f,50. (374-763)

Scheffler (H.). — Die Hydraulik auf neuen Grundlagen. Leipzig, F. Förster. In-8°, iv-225 p., av. 3 pl. lith. 6f,25. (934)

Steinkohlenbergbau, der, des Preussischen Staates in der Umgebung von Saarbrücken. Im Auftrage des Ministers der öffentlichen Arbeiten dargestellt von *A. Hasslacher*, *B. Jordan* und *R. Nasse.* V. (Extr. de la *Zeitschr. für das Berg, Hütten- und Salinenwesen im Preussischen Staate.*) Berlin, Ernst und Korn. In-4°. 10 fr. (770)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Eger (G.). — Eisenbahnrechtliche Entscheidungen deutscher und österreichischer Gerichte. VIII. Bd. 1. Heft. Berlin, C. Heymann. In-8°, p. 1-96. 12f,50. (1661)

Gleim (W.). — Das Recht der Eisenbahnen in Preussen. Systematisch dargestellt. I. Bd. 1. Hälfte. Berlin, Vahlen. In-8°, viii-137 p. 3f,75. (92)

Gleim (C. O.) und H. Engels. — Die Strassenbrücke über die Norder-Elbe bei Hamburg. (Extr. de la *Zeitschrift für Bauwesen*.) Berlin, Ernst und Korn. In-f°, iii-29 p., av. fig., 1 photograv. et 3 pl. lith. 25 fr. (1157)

Stapf (F. M.). — Les Eaux du tunnel du Saint-Gothard. Weissensee bei Berlin. L'auteur. In-f°, 168 p., av. 14 tabl., 3 pl. et 6 fig. 20 fr. (769)

6° *Objets divers.*

Bosse (R.) und E. v. Woedtke. — Das Reichsgesetz, betreffend die Invaliditäts- und Altersversicherung. Vom 22. Juni 1889. Erläutert nach amtlichen Quellen. 10.-13. Lfg. Leipzig, Duncker und Humblot. In-8°. I. Tl., p. vii-xiv, p. 305-371; II. Tl., p. 321-479 (Fin). Chaque livraison, 2 fr. (79)

Gebhard (H.). — Das Reichsgesetz, betreffend die Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22. Juni 1889. Erläutert. Altenburg, Geibel. In-8°, viii-384 p. 7f,50. (90)

Fuhrmann (A.). — Anwendungen der Infinitesimalrechnung in den Naturwissenschaften, im Hochbau und in der Technik. II. Thl. Naturwissenschaftliche Anwendung der Integralrechnung. Berlin, Ernst und Korn. In-8°, xi-268 p., av. 73 fig. 6f,90. (131)

Werthauer (I.). — Das Invaliditäts- und Altersversicherungs-Gesetz in systematischer, gemeinverständlicher Darstellung. Berlin, Puttkammer und Mühlbrecht. In-8°, viii-92 p. 1f,50. (889)

OUVRAGES ESPAGNOLS.

CODORNIN (R.). — Tablas gráficas taquimétricas. Tablas gráficas logaritmicas y de lineas trigonométricas naturales. Carthagène. In-4°, 36 p., 7 pl. 7 fr.

Congreso internacional de Ingenieria celebrado en Barcelona durante 1888. Discursos, memorias y disertaciones. Barcelone. In-8°, 424 p., 10 pl.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques pures.*

D'ARCAIS (F.). — Corso di calcolo infinitesimale. Vol. I. Padoue, A. Draghi. In-8°, xv-622 p. 11 fr. (1030)

BETTAZZI (R.). — Teoria delle grandezze. Pise, E. Spoerri. In-4°, vij-180 p. 6 fr. (Extr. des *Annali delle università toscane.*) (1534)

BRIOSCHI (F.). — Sopra alcune formale ellittiche : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 12 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (4550)

CHINI (M.). — Sopra alcune deformazioni delle superficie rigate. Turin, C. Clausen. In-8°, 17 p. (Extr. du même recueil.) (689)

DELITALA (G.). — Ricerche di stereometria. Sassari, G. Dessi. In-8°, 76 p. (1537)

FERRARI (C.). — Sulla superficie del 5° ordine con tre rette doppie concorrenti in un punto : Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 63 p. (4150)

GATTI (S.). — Delle equazioni aventi radici in progressione geometrica. Bari, tip. Gissi e Avellino. In-8°, iiij-63 p. (1541)

GIAMBIOLI (D.). — Sulle frazioni continue. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 22 p. (Extr. du *Rendiconto delle sessioni della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (1964)

JADANZA (N.). — Guida al calcolo delle coordinate geodetiche. Turin, E. Loescher. In-8°, 72 p. 4 fr. (2346)

Loria (G.). — Le trasformazioni razionali dello spazio, determinate da una superficie generale di terz' ordine : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 27 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (2766)

Mossa (F.). — Il metodo dei minimi quadrati nell' insegnamento professionale. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 31 p. avec fig. (Extr. de *L'Ingeniera civile e le arti industriali.*) (1550)

d'Ovidio (E.). — Le proprietà focali delle coniche nella metrica proiettiva : nota. Turin, C. Clausen, In-8°, 30 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (2770)

—— Sulle coniche confocali nella metrica proiettiva : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 13 p. (Extr. du même recueil.) (2771)

—— Teoremi sulle coniche nella metrica proiettiva : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 14 p. (Extr. du même recueil.) (4995)

Palatini (F.). — Sopra i triangoli formati coi lati dell' esagrammo di Pascal, i quali possono ridursi ad un punto. Palmi, tip. G. Lopresti. In-8°, 10 p. (3196)

—— Sopra una trasformazione delle figure dello spazio a quattro dimensioni, fondata sopra una corrispondenza univoca dei punti reali ed immaginari di R_2 coi punti reali di R_4. Palmi, tip. G. Lopresti. In-8°, 20 p. (4996)

Parisotti (A.). — Studio sulla geometria del triangolo. Rome, tip. Forzani e C. In-8°, 31 p. (4152)

Peano (G.). — Gli elementi di calcolo geometrico. Turin, tip. G. Candeletti. In-8°, 42 p. (1552)

—— Sopra alcune curve singolari : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 6 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (2772)

Pincherle (S.). — Una nuova estensione delle funzioni sferiche. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 35 p. av. pl. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (3197)

Reina (V.). — Della compensazione nel problema di Hansen : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 11 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (4997)

Ruffini (F.-P.). — Delle superficie algebriche che hanno potenza in rispetto a ogni punto dello spazio ovvero in rispetto dei loro proprî punti. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 20 p. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (1035)

Saporetti (A.). — Terzo e quarto metodo analitico dell'equazione

(astronomica) del tempo e discussione degli altri due metodi analitici, con il metodo sintetico degli astronomi antichi e moderni. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 18 p. av. planche. (Extr. du même recueil.) (1973)

TADDEI (A.). — Tavole per il tracciamento delle curve circolari, con l' aggiunta di una tavola che dà la superficie del circolo quando è data la circonferenza. Florence, tip. S. Landi. In-8°, xx-171 p. (3663)

VALLE (G.). — Sopra un caso particolare di transformazione delle funzioni ellittiche : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 10 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (2350)

VISCONTI (A.). — Sulla tangente ad una curva : osservazioni. Florence, tip. succ. Le Monnier. In-8°, 4 p. (3203)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

DE AMICIS (E.). — Introduzione alla teoria matematica della propagazione del calore nei corpi solidi atermani. Turin, E. Loescher. In-8°, 5-63 p. av. fig. 3 fr. (1956)

ANGELI (A.). — Sopra alcuni derivati del pirrilmetilchetone e dell' acetotienone. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 44 p. av. pl. (1957)

BELTRAMI (E.). — Considerazioni sulla teoria matematica del magnetismo. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 47 p. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (4547)

DI BERNARDO (A.). — I barometri olosterici e le loro indicazioni. Caltagirone, tip. Napoli. In-8°, 32 p. (685)

BONGIOVANNI (G.). — L' elettricità e la teoria elettromagnetica della luce. Vérone, Tedeschi e figlio. In-16, 53 p. (Extr. de la *Biblioteca delle scuole italiane.*) (1535)

CATTANEO (C.). — Della dilatazione termica di alcune amalgame allo stato liquido : appendice alla nota omonima. Turin, C. Clausen. In-8°, 7 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (3647)

CIAMICIAN (G.) e P. SILBER. — Intorno alla costituzione dell' apiolo e dei suoi derivati. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 24 p. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (280)

COSCERA (N.). — Distillazione secca della lignite : considerazioni sopra una nuova risorsa italiana. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 8 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (281)

Franceschi (G.-B.). — Azione dell' idrogeno antimoniale sul bicloruro di mercurio : nota. Milan, tip. del Riformatorio patronato. In-8°, 4 p. (Extr. du même recueil.) (286)

Gruosso (D.). — Obiezioni al sistema copernicano, ossia trattatello di astronomia con cui si prova che la terra non ha moto annuo. Potenza, Garramone e Marchesiello. In-16, 140 p. 1 fr. (693)

Namias (R.). — Determinazione rapida del fosforo nel ferro e suoi derivati. Modène, tip. A. Namias e C. In-8°, 16 p. (Extr. de *Stahl und Eisen.*) (1034)

—— Nuove determinazioni volumetriche col permanganato di potassio. Modène, tip. A. Namias e C. In-8°, 29 p.

Pollacci (E.). — Principî fondamentali di chimica generale da servire come introduzione al corso di chimica farmaceutica e tossicologica, dato nella r. università di Pavia. Milan, fr. Dumolard. In-8°, xiiij-523 p. av. fig. et 2 pl. 8 fr. (287)

Razzaboni (C.). — Risultato di esperienze idrometriche sopra tubi addizionali conici divergenti : quarta memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 8 p. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (4555)

Righi (A.). — Sopra una specie di scintille elettriche nelle quali la luminosità si propaga gradatamente da un elettrodo all' altro. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 7 p. av. pl. (Extr. du même recueil.) (3199)

de Varda (G.) e M. Zenoni. — Sui prodotti di condensazione dell' aldeide metanitrobenzoica col fenolo e la resorcina : nota. Milan, tip. del Patronato. In-8°, 11 p. (2775)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

Boeris (G.). — Studio cristallografico di alcune nuove sostanze organiche. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 11 p. avec fig. (Ext. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.*) (1959)

de Bosniaski. — Flora fossile del verrucano nel monte Pisano : comunicazione fatta alla società toscana di scienze naturali. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 22 p. av. fig. (3191)

Bozzi (L.). — I molluschi pliocenici del Vallo Cosentino : nota. Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 11 p. (1960)

Capellini (G.). — Zifioidi fossili e il rostro di dioplodonte nella Farnesina presso Roma. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 14 p. avec pl. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze dell' istit. di Bologna.*) (4551)

Grattarola (G.). — Realgar, orpimento e minerali concomitanti di Casa Testi (Monte Amiata, provincia di Grosseto). Pavie, tip. fr. Fusi. In-8°, 23 p. (Extr. du *Giornale di mineralogia, cristallografia e petrografia.*) (692)

Gemmellaro (C.-G.). — I crostacei dei calcari con fusulina della valle del fiume di Palermo in Sicilia. Palerme. In-4°, 40 p. av. 4 pl. 10 fr.

de Memme (F.). — Sopra alcuni cristalli di hauerite. Gênes, tip. *A. Ciminago*. In-8°, 4 p. av. fig. (2769)

Negri (A.). — Rapporti della paleontologia colla geologia stratigrafica, dimostrati con esempî tratti dallo studio della regione veneta. Padoue, tip. Prosperini. In-8°, 62 p. (Extr. des *Atti della soc. veneto-trentina di scienze naturali.*) (4994)

Poli (A.). — Breve cenno sui sistemi cristallini. Plaisance, G. Fagioli. In-8°, 54 p. (2348)

Sacco (F.). — I molluschi dei terreni terziari del Piemonte e della Liguria. Parte VIII. Turin. In-8°. 12 fr.

Toldo (G.). — Studî geologici sulla provincia di Piacenza. Rome, tip. dei Lincei. In-8°, 19 p. av. pl. (Extr. du *Bollet. della soc. geol. italiana.*) (4999)

Vignolo (G.). — Intorno all'esistenza del ferro titanato nelle sabbie magnetiche della Liguria orientale. Gênes, tip. Ciminago. In-8°, 10 p. (Extr. des *Atti della soc. ligustica di scienze naturali.*) (1556)

4° *Mécanique. — Exploitation des Mines.*

Ancona (U.). — Volani e regolatori a forza centrifuga nelle motrici a vapore : studio. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 75 p. av. 4 pl. 4 fr. (1586)

Associazione fra i proprietarî di caldaie a vapore nella provincia di Ferrara : schema di statuto. Ferrare, tip. Bresciani. In-8°, 8 p. (1611)

Beretta (G.). — Istruzioni pratiche per i conduttori di caldaie e macchine a vapore : breve corso di lezioni impartite ai socî della società Archimede di Novara nel luglio 1890. Novare, tip. Rizzotti e Merati. In-16, 94 p. av. fig. (1613)

Bianchi-Maldotti (E.). — Manuale di idraulica. Turin, Camilla e Bertolero. In-16°, xxij-379 p. av. fig. 6 fr. (3693)

Bottiglia (A.). — Sulle velocità di massimo rendimento ed a vuoto delle turbine : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 12 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (3643)

Canevazzi (S.). — Meccanica applicata alle costruzioni : lavoro ad uso degli ingegneri, degli architetti, dei periti in costruzione e degli studenti delle regie scuole d' applicazione per gli ingegneri e dei corsi tecnici pei periti in costruzione. Testo e tavole. Parte I, disp. 2. Turin, A.-F. Negro. In-8°, p. 345-542 av. 8 pl. 6 fr. (4581)

Cappa (S.). — Sui getti ascendenti : memoria. Turin, C. Clausen. In-4°, 74 p. av. 3 pl. (Extr. des *Mem. della r. accad. d. scienze di Torino.*) (1588)

de Ferrari (P.). — Le miniere di mercurio del Monte Amiata : monografia. (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell' agricoltura). Florence, tip. C. Barbèra. In-8°, 173 p. av. 10 pl. (284)

Fossa-Mancini (C.). — Sul moto apparente del piano di oscillazione del pendolo. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 32 p. av. fig. (1540)

Luvini (G.). — Nuova forma di dinamo, alla quale l' autore ha dato il nome di metergo. Turin, stampa G.-B. Paravia e C. In-8°, 11 p. av. fig. (2767)

Natalini (T.), A. Cantagalli ed A. Natali. — Riposte per gli esami dei conduttori di caldaie a vapore. Bologne, tip. succ. Monti. In-8°, 24 p. (369)

Novarese (E.). — Sulla accelerazione di second' ordine nel moto rotatorio intorno a un punto : nota. Turin, C. Clausen. In-8°, 9 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (1969)

Ovazza (E.). — Sulla resistenza di attrito fra vite e madrevite : memoria. Turin, C. Clausen. In-8°, 23 p. (Extr. du même recueil.) (1970)

Pareschi (P.). — Istruzioni teorico-pratiche per la conduzione di macchine a vapore in base al programma ministeriale, aggiuntavi una appendice sulla conduzione di locomobili e trebbiatrici per la battitura frumento, frumentone, avena, riso, ecc. Ferrare, tip. Bresciani. In-8°, 100 p. av. 18 pl. (1632)

Penati (C.). — Il gas Dowson impiegato come combustibile nelle macchine a gas. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, 31 p. av. 2 pl. (Extr. de *L' Ingegneria civile e le arti industriali.*) (753)

Picone Gusmano (A.). — Sul trattato di meccanica applicata alle macchine dei proff. Michele Capitò e Carlo Pintacuda : appunti. Arezzo, tip. Bellotti. In-8°, 22 p. (333)

Pizzorno (G.-S.). — Schema di programma per gli esami di con-

duttori di apparecchi a vapore. Gênes, tip. Z. Reboul. In-16, 46 p. 2 fr. (2868)

Raccolta delle prescrizioni di legge intorno alle caldaie a vapore per istruzione dei macchinisti e dei sorveglianti di caldaie a vapore. Trieste, tip. del Lloyd austro-ungarico. In-8°, 32 p. (Extr. du *Bollett. del club fra i macchinisti del Lloyd austro-ungarico a Trieste.*) (3777)

Regolamento speciale ed istruzioni pei macchinisti o conduttori delle macchine, pompe e caldaie a vapore e pei fochisti. Santagata Feltria, tip. T. Battistini. In-8°, 14 p. (2415)

Repertorio delle miniere : concessioni e permissioni di miniere vigenti al 1° gennaio 1875, coll' aggiunta di quelle accordate dal 1° gennaio 1875 al 1° gennaio 1890. Serie II, vol. IV. Rome, tip. Italiana. In-8°, 349 p. (699)

Rivista del servizio minerario nel 1889. (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell' agricoltura). Florence, tip. G. Barbèra. In-8°, cclv-440 p. av. 4 pl. (Extr. des *Annali d' agricoltura.*) (2871)

Rossi (D.). — Atlante del fuochista e macchinista. Turin, G.-B. Paravia e C. In-8°, 19 pl. (2043)

Sanna (E.). — Manuale del conduttore di apparecchi a vapore. Turin, F. Casanova. In-16, 32 p. av. fig. 0f,60. (3701)

Sinigaglia (F.). — Istruzioni pratiche per fuochisti, con un' introduzione destinata ai proprietarî di caldaie a vapore e una appendice contenente il regolamento governativo per la sorveglianza e l' esercizio delle caldaie, le circolari ministeriali e lo statuto dell' associazione fra gli utenti di caldaie delle provincie napoletane. Rome, tip. Bontempelli. In-16, iiij-118 p. 1f,50. (2421)

Statistica delle caldaie a vapore esistenti nel regno. (Ministero di agricoltura, industria e commercio : divisione industria, commercio e credito). Rome, tip. eredi Botta. In-8°, xxxj-955 p. 6 fr. (4265)

Studî sui combustibili fossili italiani e specialmente sui giacimenti della Calabria. (Ministero di agricoltura, industria e commercio : direzione generale dell' agricoltura). Rome, tip. eredi Botta. In-8°, 26 p. 0f,30. (Extr. des *Annali di agricoltura.*) (1975)

Vottero (G.). — Manuale del fuochista e macchinista, ad uso delle scuole tecniche operaie di s. Carlo, autorizzate a rilasciare i certificati di capacità alle funzioni di conduttore di caldaie a vapore. Turin, L. Roux e C. In-16, 156 p. av. 12 pl. 2 fr. (2893)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

CANDELLERO (G.).—Ventilazione delle gallerie della ferrovia transandina. Turin, Camilla e Bertolero. In-8°, 34 p. av. fig. (Extr. de *L' Ingeneria civile e le arti industriali.*) (5026)

CARPI (L.). — Relazione giudiziaria sul disastro del 24 marzo 1890 lungo la ferrovia in costruzione Avellino-Benevento. Naples, tip. F. Giannini e figli. In-8°, 39 p. (327)

Costruttore (Il) : trattato pratico delle costruzioni civili, industriali e pratiche, delle arti ed industrie attinenti, disposto alfabeticamente ad uso dell' ingegnere civile ed industriale, dell' architetto, dell' agronomo, dei capimastri, imprenditori, industriali, ecc. Opera illustrata da oltre 4000 incisioni. Disp. 47-48. Milan, F. Vallardi. In-4°, p. 129-176, av. fig. et planche. (328)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie : norme pratiche dettate da una eletta di ingegneri specialisti. In-4°, av. fig., Disp. 46-47 : p. 33-56,7, 161-192, av. 12 pl. — Disp. 48-49 : p. 193-258, (4), av. 7 pl. — Disp. 50 : p. 33-55, av. 3 pl. Turin, Unione tipografico-editrice. 2 fr la livraison. (720)

CRUGNOLA (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese e tedesca, compresovi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 35-39. Turin, A.-F. Negro. In-8°, 609-848 p. (4584)

FADDA (S.) e A. OLIVETTI. — La locomotiva, sua costruzione ed arte di guidarla : manuale compilato sulla quinta edizione dell' opera di Brosius e Koch, corredato di numerose modificazioni ed aggiunte ad uso del personale delle strade ferrate, delle tramvie, delle scuole industriali e ferroviarie, degli ufficiali dell' esercito, ecc. Parte II e III. Turin, E. Loescher. In-8°, 2 vol., av. fig., viij-308 p., xj-598 p., av. 4 pl. (2812)

FADDA (S.), A. OLIVETTI e SILVOLA. — Indice alfabetico dei nomi contenuti nell' opera *La locomotiva :* dizionario tecnologico italiano, francese, tedesco e inglese, concernente la locomotiva e le strade ferrate. Turin, E. Loescher. In-16, iiij-64 p. 1 fr. (3699)

Memoria tecnica sulla ferrovia Catanzaro-Sant' Eufemia, tronco Catanzaro Sala-Corace (Società nazionale delle officine di Savigliano). Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-4°, 17 p., av. 2 pl. (1079)

MOLA (E.). — La ferrovia del Sempione e gli interessi italiani : note. Rome, tip. G. Civelli. In-8°, 97 p., av. 2 pl. (2366)

Norme per l' applicazione del regolamento sulla costruzione delle strade ferrate approvato con r. decreto 17 gennaio 1886, n° 3705 (serie 3ª), concordate da S. E. il Ministro dei lavori pubblici e dai signori Dirrettori generali delle tre società, come da verbale 10 novembre 1890. Florence, tip. G. Civelli. In-4°, 23 p. (332)

Relazione per la trazione elettrica della linea Napoli (museo nazionale) Campodimonte-Miano (Società anomina dei tramways del nord di Napoli). Naples, tip. F. Giannini e figli. In-4°, 27 p. (2367)

Tariffe pel trasporto delle merci a grande ed a piccola velocità in servizio diretto fra l' Italia e la Svizzera (via Gottardo) : secondo supplemento, 1° dicembre 1890 (Strade ferrate italiane : servizio cumulativo italo-svizzero). Milan, tip. G. Civelli. In-4°, 13 (48) p. (336)

6° *Objets divers.*

JADANZA (N.). — Influenza della eccentricità dell' alidada sui vernieri ed un microscopio ad ingrandimento costante. Turin, C. Clausen. In-8°, 7 p. av. fig. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (3651)

Méridien (Le) neutre de Jérusalem-Nyanza proposé par l'Italie pour fixer l'heure universelle, déterminé par sa distance horaire à cent-vingt observatoires (Académie r. des sciences de l'Institut de Bologne). Bologne, imp. Gamberini et Parmeggiani. In-4°, 14 p. (1966)

ANNALES

DES MINES

EXPÉRIENCES SUR LA SÉDIMENTATION

Par M. J. THOULET,
Professeur à la Faculté des sciences de Nancy.

Peu de phénomènes sont, en apparence, plus simples que la chute d'un sédiment fin à travers un liquide et son dépôt sur le fond; cependant il suffit d'observer avec attention pour se convaincre de l'extrême complication de la sédimentation. Une foule de causes superposent en quelque sorte leur action et le moindre changement dans le mode d'expérimentation apporte un trouble profond dans les résultats obtenus. Comme il est impossible de supprimer la plupart des influences qui s'exercent, j'ai essayé de rendre leur ensemble rigoureusement constant à l'exception d'une seule d'entre elles que j'ai fait varier expérimentalement et dont j'ai tracé la courbe. Le procédé expérimental a été presque identique dans tous les cas. Il a consisté à choisir un tube de verre fermé à une extrémité, régulièrement calibré et portant, collée sur sa longueur, une bande de papier divisée en centimètres et millimètres, à le jauger au mercure; puis, après

l'avoir rempli de liquide et avoir ajouté le solide dans des conditions déterminées, on agite fortement afin de bien mélanger, on suspend dans une étuve de d'Arsonval vitrée maintenue à température constante et on mesure, à différents moments, la position de la nappe formée.

On ne saurait prendre trop de précautions pour ces expériences ; la plupart d'entre elles ne pourraient guère réussir à l'air libre car les variations de température, les secousses troublent le phénomène ; la dimension du tube, son épaisseur apportent des modifications notables. Loin de croire avoir épuisé le sujet, je me bornerai à exposer ici une série d'expériences très soigneusement exécutées qui, avec les nombreux tâtonnements qu'elles ont exigés, se sont prolongées au delà de trois années et qui, je l'espère, serviront comme autant de jalons à l'étude complète du problème de la sédimentation, si difficile et si important puisqu'il a pour objet la genèse des roches sédimentaires et la théorie de l'histoire de la terre.

Historique. — L'étude de la sédimentation a donné lieu à un nombre considérable de travaux ; chaque auteur a attribué un rôle prépondérant à un agent particulier, viscosité du liquide, température, électricité, actions chimiques ou autres. Toutes ces causes possèdent une influence, mais la prépondérance de telle ou telle d'entre elles me paraît dépendre, en grande partie, des circonstances générales dans lesquelles s'accomplit le phénomène. Je me bornerai à résumer quelques-uns des travaux les plus récents.

En 1874, M. Durham (*) remplit d'eau distillée pure des flacons en verre de la capacité d'un demi-litre environ le long desquels il avait collé des bandes de papier divisées

(*) William Durham F. R. S. E., *Suspension of clay in water.* Chemical News, t. XXX, p. 57, 1874.

en parties égales ; il ajoutait dans chacun d'eux un même poids d'argile blanche, agitait fortement, laissait déposer et notait la hauteur à laquelle, après un temps connu, il commençait à distinguer par transparence, à travers le liquide trouble, les chiffres inscrits sur les bandes. Il constate que le pouvoir possédé par l'eau de soutenir l'argile est graduellement détruit par l'addition de faibles quantités d'alcalis. Il considère « comme extrêmement probable que l'argile en tombant à travers l'eau engendre par frottement de l'électricité et comme l'eau est un mauvais conducteur, la différence de potentiel entre elle et l'argile continue à exister pendant un certain temps, de sorte que les deux substances s'attirent mutuellement. Mais quand on ajoute de l'acide ou un sel, le liquide devient bon conducteur, les potentiels s'égalisent et l'argile tombe. D'autre part, avec l'alcali, quoique le liquide soit alors meilleur conducteur, il devient en même temps meilleur générateur d'électricité et c'est seulement lorsque, par l'addition d'une quantité considérable d'alcali, le pouvoir conducteur l'emporte sur le pouvoir générateur que les potentiels sont égalisés et que l'argile descend au fond du vase.»

En définitive, d'après M. Durham, l'agent prépondérant dans le phénomène de la sédimentation est l'électricité.

M. Sidell (*), cherchant à mesurer la rapidité avec laquelle s'effectue la sédimentation à l'embouchure du Missisipi, avait fait quelques expériences sur des solutions de sel marin, de sulfate de soude et d'alun, et il avait observé que le dépôt des poussières minérales fines s'y opérait beaucoup plus rapidement que dans l'eau pure. M. E.-W. Hilgard avait attribué ce phénomène, au moins

(*) Sidell, Appendice A. Humphrey's and Abbot's Missisipi Report.

pour l'alun, à la précipitation de l'alumine par les carbonates de chaux et de magnésie présents dans l'eau. Le Dr Sterry Hunt (*), rendant compte du travail de M. Durham, rappela les expériences antérieures de M. Sidell et d'autres recherches faites par M. Guthrie (**) sur la formation des gouttes. Celui-ci, étudiant la dimension des gouttes tombant d'une petite sphère d'ivoire, trouva que la cohésion de l'eau était fortement diminuée lorsqu'elle contenait des matières salines en dissolution ainsi qu'on le reconnaissait à la dimension plus petite des gouttes. La présence de sel atténue de même la cohésion en vertu de laquelle les particules excessivement fines d'argile sont maintenues en suspension en opposition avec la force de la pesanteur ; elles tombent et laissent le liquide salin limpide. Le Dr Sterry Hunt admit complètement cette explication.

M. W. Ramsay (***) conclut d'une longue série de recherches sur l'influence exercée par des solutions salines sur la sédimentation de l'argile, que le degré de fluidité des liquides est sans influence, que la durée du dépôt dans des solutions de chlorure de sodium à des teneurs différentes est en raison inverse des poids spécifiques des liquides, et enfin que la rapidité de la précipitation est proportionnelle à la quantité de chaleur absorbée par la dissolution des sels. Ce résultat serait dû à ce que l'amplitude de vibration des particules d'eau est augmentée par la chaleur.

(*) Dr Sterry Hunt, *The Deposition of clays*, Proceedings of the Boston Society of natural History, t. XVI, 1873-1874, p. 302.

(**) Guthrie, Proceedings of the Royal Society, for 1864, vol. XIV.

(***) W. Ramsay, *On the influence of various substances in accelerating the precipitation of the clay suspended in water*, Phil. Magaz. (5), t. I, p. 328-329.

M. Durham (*) publia en 1878, sur le même sujet, un second mémoire dans lequel il chercha à compléter les explications qu'il avait précédemment données du phénomène de la sédimentation. Il exécuta un grand nombre d'expériences, observant les précipitations produites par l'action réciproque d'acide chlorhydrique ou d'acide sulfurique sur des solutions salines, notant les élévations de température et les dégagements gazeux et il formula les conclusions suivantes :

1° Il semble qu'il existe une gradation régulière d'attraction chimique depuis celle qui est manifestée par la suspension de l'argile dans l'eau jusqu'à celle que montre l'attraction de l'acide sulfurique pour l'eau et qu'on appelle affinité chimique ;

2° Les combinaisons chimiques, les dissolutions et la suspension n'ont entre elles qu'une différence de degré ; elles sont des manifestations de la même force et les composés chimiques définis sont précisément les points où l'affinité exerce une force suffisante pour maintenir un nombre exact d'atomes. L'affinité est une force régulièrement croissante, susceptible d'être représentée à la façon ordinaire par une courbe ;

3° L'attraction résultant de l'affinité chimique n'est pas, au moins dans tous les cas, épuisée par la formation d'un composé défini, mais il lui reste un pouvoir suffisant pour donner naissance à des composés de solution ou de suspension. Ainsi le sulfate de chaux, bien qu'étant un composé chimique défini, possède encore pour l'acide sulfurique une affinité suffisante pour entrer en solution avec lui.

M. Schlœsing (**), sans chercher à donner une explica-

(*) W. Durham, F. R. S. E., *Suspension, solution and chemical combinaison*, Chem. News, t. XXXVII, p. 47, 1878.

(**) Th. Schlœsing, *Leçons de chimie agricole*, 2e partie, 1883, École d'application des manufactures de l'État.

tion aux faits, s'est borné à expérimenter et à opérer des mesures avec la plus grande précision. Il a établi que les sels calcaires jouissent de la propriété de coaguler les matières limoneuses qui restent indéfiniment en suspension dans l'eau distillée. 1/5000 de chaux libre ou engagée dans un sel précipite les limons immédiatement, 1/10000 en quelques jours, tandis que la dose de 1/20000 paraît inefficace. Ces chiffres n'ont rien d'absolu et varient avec les différents limons employés. Les sels de magnésie ont une action presque égale à celle des sels calcaires, ceux de potasse produisent les mêmes effets sous des doses environ cinq fois plus fortes, ceux de soude sont encore moins actifs. Les acides minéraux produisent aussi la coagulation.

M. C. Barus (*) considère la chute de fines particules solides à travers les liquides comme étant un phénomène physique se rapportant au frottement moléculaire qui, dans certaines conditions, finit par l'emporter sur la force de la pesanteur et aussi un phénomène chimique s'exerçant entre les molécules du liquide et les particules solides. Les poussières fines se précipitent plus rapidement à 100 degrés qu'à 0 degré parce que l'hydrate qui se forme à la température ordinaire au contact des particules solides et de l'eau, de façon à favoriser leur suspension, n'existe plus à 100 degrés. Enfin la conductibilité électrique de l'eau modifiée par les sels qu'elle tient en dissolution joue aussi un rôle dans le phénomène de la sédimentation.

Voici d'ailleurs les conclusions de cet important mémoire : « Dans les pages précédentes, j'ai essayé de jeter plus de lumière sur le phénomène de la chute des sédiments fins à travers un liquide en l'étudiant à trois

(*) Ch. Barus, *Subsidence of fine solid particles in liquids*, Bull. Unit. States Geol. Survey, n° 36, Washington, 1886.

points de vue. En premier lieu, j'ai appelé l'attention sur les conditions mécaniques de la chute c'est-à-dire sur la relation existant entre la vitesse de descente et la figure ainsi que les constantes physiques d'une particule unique ou sur les constantes d'un groupe déterminé de particules. J'ai alors essayé de montrer certaines analogies possibles de la sédimentation de matériaux très fins avec l'interprétation fournie par Clausius pour l'électrolyse et de trouver une expression reliant la chute aux conditions moléculaires du liquide. Enfin, j'ai suggéré la probabilité de certains effets chimiques permanents exercés par le liquide sur le solide en train de se déposer. Le dernier de ces sujets de recherches est plus près d'être ouvert à l'investigation, indépendamment des autres, que le premier ou le second. Il semble par conséquent que tel soit le véritable point de départ de recherches ultérieures et je crois que, si l'on étudie systématiquement les relations en question, les résultats quantitatifs obtenus non seulement élucideront une foule de points obscurs relatifs à la façon de se comporter des solides au point de vue chimique (la tendance à l'hydratation sous des conditions variables de masse par unité de volume du liquide par exemple), mais encore ils fourniront même des données se rapportant directement au phénomène de la dissolution. Je considère la dissolution comme étant la limite de turbidité. Je ne sais vraiment pas si l'on a jamais systématiquement mis le degré d'extrême divisibilité des particules tombantes, ou même la dimension moyenne des particules d'un précipité ordinaire, en relation avec les conditions physiques et chimiques sous lesquelles s'effectue la chute. »

Préparation du kaolin. — L'argile dont j'ai fait usage dans la plupart de mes expériences est du kaolin blanc de Limoges aussi pur que possible; ses grains sont indis-

cernables au microscope, traversent d'abord les filtres et ne tardent pas à en boucher les pores. Ce kaolin a été laissé pendant plusieurs jours en contact avec de l'acide et lavé à l'eau à de nombreuses reprises. Des repos suivis de décantations réitérées ont permis d'en séparer le mica et le quartz. Les derniers lavages ont été exécutés à l'eau distillée. Dans ces conditions de pureté, le kaolin, abandonné à lui-même dans l'eau distillée, ne descend qu'avec une très grande lenteur et, même après plusieurs semaines de repos, ne donne pas une liqueur limpide.

J'ai recueilli ce kaolin, je l'ai desséché à l'étuve, pesé, déposé dans de l'eau distillée étendue jusqu'à former un volume connu et conservé ainsi pour l'usage. La solution dont je me suis généralement servi contenait 83^{gr},343 de kaolin par 1.000 centimètres cubes. Il suffisait, par conséquent, d'agiter le flacon qui la contenait afin de produire un mélange uniforme et de prendre un volume quelconque du liquide laiteux avec une pipette graduée pour avoir un poids de 0^{gr},0833 environ de kaolin par centimètre cube.

Vitesse de chute. — Un tube en verre gradué ayant environ 25 centimètres de longueur et 25 millimètres de diamètre est rempli de 60 centimètres cubes d'eau et de kaolin ; on ajoute une goutte d'eau saturée de sel marin pour produire la chute du sédiment, on scelle à la lampe, on suspend dans l'étuve de d'Arsonval, maintenue à $t = 56°,5$, on note l'épaisseur de la couche limpide comprise entre la surface du liquide et la nappe opaque qui descend lentement ; on trouve la courbe en prenant les heures en abscisses et les hauteurs limpides en ordonnées :

NOMBRE d'heures	HAUTEUR limpide	NOMBRE d'heures	HAUTEUR limpide	NOMBRE d'heures	HAUTEUR limpide
	millim.		millim.		millim.
0	0	74	24,5	122	38,0
25	8,5	77	26,0	127	40,0
31	10,0	79	26,5	143	44,0
47	16,0	94	30,5	151	46,5
50	17,0	100	32,5	173	52,5
53	18,0	103	33,0	191	58,5
70	23,0	119	37,5		

La courbe *fig.* 1, Pl. I, montre que la vitesse de chute des particules est retardée à peu près uniformément; cependant, comme le retard est faible, on pourra, au moins dans un intervalle de 80 heures environ et dans des conditions comparables à celle de l'expérience, considérer la vitesse comme uniforme et la courbe comme une ligne droite.

L'expérience renouvelée deux fois a donné les mêmes résultats, ce qui prouve que le contact de l'eau prolongé pendant 400 heures n'a produit aucun changement appréciable dans la marche du phénomène.

Nous verrons que le retard éprouvé par les particules dans leur chute, et tel qu'il est mesuré expérimentalement est fonction de la distance, variable à chaque instant, qui sépare celles-ci du fond du tube. Ce retard dépend donc des dimensions du vase et de la quantité du liquide trouble qui le remplit. Dans les applications aux phénomènes naturels, s'il s'agit de la chute de poussières au sein des lacs ou de l'Océan, c'est-à-dire dans un vase extrêmement large et profond, il y a lieu d'admettre que les particules tombent avec une vitesse uniforme.

Influence de la température. — J'ai renouvelé cinq fois l'expérience avec le même tube que précédemment, après avoir agité fortement, en opérant à des températures très diverses et pendant au moins 80 heures chaque fois. On trace la droite relative à chaque température et

on mesure l'ordonnée correspondant à une durée de chute de 80 heures par exemple. Prenant les températures en abscisses et les hauteurs limpides en ordonnées, on fait passer la droite moyenne entre les cinq points obtenus ce qui corrige graphiquement les hauteurs ainsi qu'il est indiqué au tableau suivant :

TEMPÉRATURE	CHUTE OBSERVÉE	CHUTE CORRIGÉE	DIFFÉRENCE
degrés	millim.	millim.	millim.
52,0	24,25	23,50	— 0,75
55,5	25,00	26,25	+ 1,25
56,5	27,00	27,00	0,00
62,0	33,00	31,75	— 1,25
66,5	34,00	35,25	+ 1,25

L'examen de la droite (*fig.* 2) montre qu'aux températures considérées, la chute s'effectue d'autant plus rapidement que la température est plus élevée.

La droite coupe l'axe horizontal à la température de 23 degrés ; à partir de ce point, la descente en 80 heures et dans les conditions de l'expérience, est de $0^{m},081$ pour chaque degré d'élévation de la température. Il semble résulter de cette extrapolation que l'argile aurait une vitesse de chute nulle à 23 degrés, c'est-à-dire resterait indéfiniment en suspension. En effet, il est à remarquer que, tandis qu'aux températures du tableau, la sédimentation de l'argile donnait lieu au sein du liquide à une nappe horizontale nettement marquée, une expérience faite à 42 degrés n'a jamais produit de nappe distincte, et qu'à la température ordinaire voisine de 23 degrés, non seulement le tube n'a jamais manifesté aucune nappe distincte, mais il n'est même devenu limpide qu'après un temps extrêmement considérable. La propriété de rester indéfiniment en suspension dans l'eau pure n'existerait donc pour l'argile que jusqu'à une température maximum de 23 degrés environ.

L'accélération de la descente par accroissement de la température peut s'expliquer en supposant que la différence de densité entre la matière solide et le liquide, est le facteur le plus important du mouvement. Quelle que soit cette différence, elle augmente avec la température puisque le coefficient de dilatation d'un solide est moindre que celui d'un liquide. Nous entendons ici sous le nom de solide non seulement le petit grain de sédiment lui-même, mais tout le système complexe du grain d'argile dans l'état où il se trouve au sein du liquide, en y prenant tout ce qu'il condense à sa surface : gaine d'air, sel en dissolution ou liquide condensé. La connaissance de la température particulière de 23 degrés conduirait peut-être à une notion sur la densité du système pesant, car puisque ce système, à cette température, reste immobile au milieu du liquide, c'est qu'il possède alors la densité même du liquide.

La théorie rend compte en partie de la limpidité et de la transparence des eaux douces, abstraction faite des phénomènes optiques d'absorption, de diffusion, de réfraction ou de réflexion. On y remarque que les bassins troubles se clarifient notablement lorsque, après une nuit froide, la température, sans avoir été assez basse ni avoir persisté assez longtemps pour produire une congélation, a cependant refroidi au-dessous de 4 degrés, l'eau et les sédiments en suspension : l'une a augmenté de volume entre 4 et 0 degré, les autres ont, au contraire, continué à diminuer de volume et la différence entre les densités de l'une et des autres s'est accentuée. Les eaux de mer qui n'ont pas de maximum de densité ne se comporteront pas de la même façon.

En cas de congélation la glace est toujours beaucoup plus pure que l'eau qu'elle recouvre. M. Weith (*), sur

(*) Dr Weith, *Chemische Untersuchungen schweizerischer*

le lac de Zurich, a reconnu que la glace contenait beaucoup moins de carbonate de chaux que l'eau du lac; il est probable que ce carbonate de chaux était primitivement à l'état de matière en suspension et non pas dissous. La glace formée dans les ornières remplies d'eau boueuse des routes est toujours remarquablement limpide lorsqu'elle est en couche mince.

Influence de la quantité de matière en suspension. — Chaque millimètre de hauteur du tube employé correspondait à un volume de $0^{cmcb},2586$; le commencement de la portion hémisphérique terminant le tube correspondait à la division 308; le tube a été rempli de 75 centimètres cubes d'eau distillée contenant des quantités variables de kaolin et on l'a suspendu dans l'étuve. On a constaté, au sein du liquide, la formation de strates; la plus élevée était particulièrement visible et on suivait sa descente à travers la porte vitrée de l'étuve en notant la hauteur de la portion limpide qui la surmontait jusqu'à la surface du liquide. Mais, dans des conditions les plus favorables, le peu de lumière à l'intérieur de l'étuve ne permettait guère d'apercevoir, lorsqu'elles se produisaient, plus de deux ou trois nappes. A la fin de l'expérience, on soulevait lentement le couvercle de l'étuve et le tube qui y était attaché; on distinguait alors très nettement les diverses couches éclairées par transparence. Mais le changement brusque éprouvé par la température les brouillait les unes dans les autres au bout de quelques secondes.

Afin que le kaolin pût tomber, on ajoutait chaque fois, au liquide, une goutte d'acide chlorhydrique étendu centinormal.

Gewässer mit Rücksicht auf deren Fauna, Internationale Fischerei-Ausstellung zu Berlin, 1880, Schweiz, I, Katalog. der Schweizerischer. Betheiligung. Leipzig, Metzger und Weltig.

I			II			III				IV				
Total des heures	t	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	t	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	t	Hauteur limpide en millim. 1re couche	Hauteur limpide en millim. 2e couche	Total des heures	t	Hauteur limpide en millim. 1re couche	Hauteur limpide en millim. 2e couche	Hauteur limpide en millim. 3e couche
0	47.0	0	0	46,0	0	0	46,0	0	»	0	45,0	0	»	»
1	47,0	»	4	46,0	1	16	46,5	5	»	16	44,5	4	»	»
5	47,0	5	7	46,0	2	19	46,5	7	»	19	45,2	5	»	»
9	46,0	7	22	47,0	11	24	46,5	9	»	22	45,5	6	»	»
24	44,5	15	25	47,5	13	40	46,0	15	23	25	45,1	7	»	»
27	45,0	16	28	47,0	14	43	47.0	16	25	40	44,5	14	»	»
30	45 0	18	31	47,0	16	46	47,0	18	29	43	41,5	15	»	»
33	44,5	19	46	46,0	22	49	47,0	18	29	46	45,4	17	»	»
48	45,0	29	52	47,0	25	64	46.0	22	37	49	44,5	18	»	»
51	46,0	30	55	46,0	26	67	47,0	23	39	64	44,2	23	25	40
54	45,5	32	70	45,5	32	70	47,0	24	41	67	45,0	24	26	40
57	45,0	34	73	47,0	34	73	47,0	24	42	70	45,5	24	28	41
72	45,0	42	76	47,0	35	88	46,0	29	52	73	45,0	25	30	45
76	45,5	45	79	47,0	36	91	46,5	29	52	88	44,0	31	34	55
78	46,0	46	94	46,0	43	94	46,5	30	56	91	45,2	32	35	56
81,5	45,5	48	97	46,5	44	97	46,2	31	57	94	45,5	33	35	57
96	46,5	60	100	47,0	45	112	47,0	37	65	97	44,8	34	36	59
105	46,5	66	103	46,0	47	115	46,5	37	65	112	43,5	39	41	67
144	45,5	99	118	45,5	53	118	47,2	38	69	115	45,0	40	43	»
			121	46,5	54	121	44,5	39	71	118	45,1	41	44	»
			125,5	48,0	56	136	44,0	43	77	121	44,3	42	45	»
						139	45,2	44	78	137	44,3	47	»	82
						142	45,0	44	80	139	44,4	48	»	83
										142	45,0	49	»	84

Expérience I. — Eau distillée = $70^{\text{cm cub}}$, liqueur normale de kaolin = $5^{\text{cm cub}}$, c'est-à-dire $0^{\text{gr}},417$ de kaolin sec; la courbe (*fig.* 3) est tracée pleine et les points sont entourés d'une circonférence; une ligne de liquide limpide apparaît à la surface après une heure; la hauteur 99 millimètres après 144 heures provient vraisemblablement d'une nappe dont le moment de formation n'a pas été reconnu ou d'une erreur d'observation.

Expérience II. — Eau distillée = $65^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin = $10^{\text{cm cub}}$, c'est-à-dire $0^{\text{gr}},833$ de kaolin sec; la courbe est tracée en traits et les points sont entourés d'un carré.

Expérience III. — Eau distillée = $60^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin = $15^{\text{cm cub}}$, c'est-à-dire $1^{\text{gr}},250$ de kaolin sec; courbes en points et en traits, points entourés d'un

triangle. Apparition d'une seconde nappe III′ à 23 millimètres de la surface après 40 heures ; au moment où elle se forme, il se produit un ralentissement ou un arrêt dans la chute de la nappe supérieure III. En arrêtant l'expérience après 142 heures, on observe une troisième nappe III″ à l'épaisseur de 119 millimètres et une quatrième III‴ à l'épaisseur 234 millimètres; l'arrêt des nappes III et III′ vers 90 heures, puis entre 112 et 115 heures tendrait à fixer à 90 heures environ l'apparition de la nappe III″ et à 113 heures celle de la nappe III‴.

Expérience IV. — Eau distillée = $55^{cm\,cub}$; liqueur normale de kaolin = $20^{cm\,cub}$, c'est-à-dire $1^{gr},666$ de kaolin sec ; les courbes sont pointillées et les points traversés par une croix. La nappe supérieure IV ne se distingue pour ainsi dire pas de la nappe III; l'apparition de la nappe IV′ semble signalée par un arrêt de la nappe IV vers 65 heures, celle de la nappe IV″ par le ralentissement ou l'arrêt de IV et de IV′ vers le même moment. En terminant l'expérience, on a aperçu une quatrième nappe à 137 millimètres au-dessous de la surface dont l'instant de formation coïnciderait peut-être avec 93 heures à cause de l'arrêt de la nappe IV′, une cinquième et même une sixième situées plus bas et dont on n'a pas eu le temps de mesurer le niveau.

Deux phénomènes principaux ont été étudiés pendant ces expériences : le premier consiste dans l'action exercée par la quantité plus ou moins considérable du sédiment, l'autre est l'apparition de nappes au sein du liquide.

L'examen des courbes montre que la descente de la nappe supérieure est d'autant plus lente que la quantité de sédiment est plus considérable.

Au delà d'une certaine limite, l'augmentation de la quantité de sédiment est sans influence et la vitesse de chute de la nappe supérieure devient à peu près constante.

Au sujet de l'apparition des nappes ou strates, on remarque que :

1° Les strates sont d'autant plus nombreuses que le liquide contient une proportion plus grande de sédiment;

2° Elles sont d'autant plus chargées en sédiment qu'elles sont situées plus bas ;

3° L'apparition de chacune d'elles coïncide avec un ralentissement ou un arrêt momentané de la strate ou même des strates susjacentes;

4° Enfin, elles possèdent des vitesses de chute qui, des nappes supérieures aux nappes inférieures, semblent décroître en progression arithmétique.

Les phénomènes de stratification paraissent pouvoir s'expliquer de la façon suivante :

Chaque grain de sédiment, en tombant de haut en bas dans le liquide avec une vitesse qui est surtout fonction de la différence de densité existant entre lui et le liquide et qui dépend par conséquent de la température ainsi que de diverses autres conditions moins importantes, donne lieu, par le fait même de sa chute, à un contre-courant en sens inverse, c'est-à-dire dirigé de bas en haut.

En un point quelconque du tube, la vitesse de chute effective des grains situés dans une tranche horizontale du liquide est d'autant moindre que ces grains ont à lutter contre un contre-courant plus fort, c'est-à-dire que la tranche est située plus haut, car le contre-courant est proportionnel au nombre des grains qui le produisent et plus la tranche sera élevée, plus il y aura de grains au-dessous d'elle. La vitesse de chute va donc en diminuant et par conséquent le nombre de grains minéraux par unité de volume du liquide dans toute la portion trouble de ce liquide diminue de bas en haut.

Plus les grains sont nombreux, plus ils donnent lieu à un contre-courant total violent, somme des contre-cou-

rants élémentaire de chaque grain. Il arrivera un moment où cette somme sera égale à la vitesse relative de chute d'une certaine tranche qui s'immobilisera aussitôt et ainsi se produira la première nappe. Cette nappe ne reprendra son mouvement de descente que lorsqu'une certaine quantité de grains s'étant déposée sur le fond, le contre-courant de bas en haut aura diminué d'intensité.

En répétant le même raisonnement pour l'espace du tube compris entre la première nappe et le fond, on énoncera les conclusions suivantes vérifiées par l'expérience :

1° Les nappes apparaissent successivement et les strates sont de plus en plus abondantes en sédiment à partir du haut du tube.

2° Les strates sont d'autant plus nombreuses que le liquide est plus chargé en sédiments.

3° La vitesse de chute de la nappe supérieure mesurée dans le tube n'est point la vitesse réelle que prendraient les particules en tombant librement au sein d'un liquide indéfini dans tous les sens ; telle qu'elle est mesurée pendant les expériences décrites, elle est influencée par la quantité de matière sous-jacente, c'est-à-dire elle est aussi fonction de la hauteur dans le tube. La véritable vitesse est celle de la tranche de sédiment n'ayant rien au-dessous d'elle, ou, en d'autres termes, de la tranche reposant immédiatement sur le fond du tube. Elle ne peut évidemment être mesurée directement et elle devra se déduire, par le calcul, des autres éléments mesurables du problème.

4° Le phénomène des nappes ne se produit que lorsque le liquide contient une certaine quantité de sédiment par unité de volume. D'après l'examen des courbes, cette limite semble n'être pas beaucoup au delà de $0^{gr},011$ de kaolin par centimètre cube de liquide (cas de l'expérience II). Il ne se fera aucune stratification si le nombre

des particules par unité de volume est trop faible pour que la somme des contre-courants soit quelque part le long du tube, égale à la vitesse de chute directe de haut en bas, ou encore si la vitesse de chute est trop rapide, car alors l'arrêt de vitesse qui occasionne la formation de la nappe ne dure qu'un instant très court et la surface de démarcation est aussitôt effacée par les nombreuses particules qui la traversent en venant des couches supérieures. Le phénomène se manifeste très nettement avec du blanc d'Espagne mis en suspension dans l'eau et qui tombe sans jamais donner lieu à stratification. Néanmoins, il ne faut pas que la chute soit trop lente, parce que, dans ce cas, il ne se produit pas de différence sensible entre la chute d'une particule et son arrêt momentané. C'est pourquoi il arrive souvent qu'un liquide manifestant le phénomène à une certaine température ne le produit plus à une température plus basse.

Influence des corps en dissolution. — Une première série d'expériences a été faite pour connaître l'influence de l'acide chlorhydrique; une seconde série avec de l'eau distillée plus ou moins mélangée d'eau de mer.

Acide chlorhydrique. — A 100 centimètres cubes d'eau argileuse, on a ajouté 100 centimètres cubes d'eau distillée, puis 4 centimètres cubes d'une liqueur acide composée de 5 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur dans 100 centimètres cubes d'eau distillée et on en a renfermé une certaine quantité dans un tube A; une même quantité d'une liqueur identique contenant le double d'acide et une troisième en contenant le triple ont été mises dans deux autres tubes B et C de même diamètre. Les trois tubes, scellés à la lampe, ont été suspendus dans l'étuve (*fig.* 4).

Expérience I. — $t = 31°\text{-}32°$. Le kaolin tombe et laisse au-dessus de lui un liquide transparent qui, à un niveau

plus bas, se trouble lentement et passe à l'état opaque sans qu'on puisse saisir aucune limite nette. L'effet se continue avec le temps sans autre modification que l'augmentation d'épaisseur de la couche transparente. Après 88 heures, on croit distinguer une trace douteuse de nappe dans le tube le plus acide, mais rien n'apparaît dans les autres. La hauteur du liquide transparent est à peu près la même dans les trois tubes.

Expérience II. — $t = 41°\text{-}42°$. Après 87 heures dans l'étuve, on n'a aperçu aucune limite nette; cependant, à égale durée de temps, la liqueur transparente surnageante était en couche plus épaisse que dans l'expérience précédente : le tube C montrait une hauteur limpide de 26 millimètres environ; dans les deux autres, cette hauteur ne dépassait pas 13 à 15 millimètres.

Expérience III. — $t = 54°\text{-}55°$. Aucune limite nette, les résultats obtenus sont inscrits dans le tableau suivant :

TOTAL DES HEURES	TUBE A	TUBE B	TUBE C
0	0	0	0
24	4	4	11
30	6	8	13
48	12	13	19
58	16	17	23
72	19	20	26
81	22	23	31

Expérience IV. — $t = 80°$. Le phénomène est compliqué par l'apparition de nappes d'ailleurs très mal définies. Après 48 heures, en ouvrant la porte de l'étuve pour voir de plus près, au contact de l'air froid frappant les tubes d'un seul côté, il se produit un tourbillonnement violent des sédiments. Il importe que, dans ces expériences, la température soit rigoureusement uniforme. Le tableau montre les résultats obtenus :

TOTAL DES HEURES	TUBE A	TUBE B	TUBE C
0	0	0	0
16	4	10	11
21	11	14	16
25	9	16	18
40	15	24	33
48	21	28	»

Dans ces expériences exécutées au début de ces recherches, on s'est borné à placer les trois tubes dans des conditions rigoureusement égales en ne faisant varier que la proportion d'acide, mais la quantité d'argile n'a pas été notée. Les phénomènes ont été très indistincts, les grains de kaolin manifestaient une tendance à s'agglomérer en grumeaux; si les nappes se font formées, leur surface a toujours été mal définie; l'élévation de température a montré son influence ordinaire en accélérant le mouvement de descente; il a suffi d'une très faible quantité d'acide pour produire un effet notable d'accélération, cette dernière étant à peu près proportionnelle à la quantité d'acide.

Eau de mer. — L'eau de mer de densité égale à 1,0253 à 11 degrés, a été recueillie dans la Manche, au large de Fécamp, les expériences ont été faites dans l'étuve avec le même tube dont chaque centimètre de hauteur correspondait à un volume de $2^{\text{cm cub}}$,174; on a étendu l'eau de mer de moitié de son volume d'eau distillée et l'on a ajouté cette solution par dixièmes de centimètre cube; on a donc procédé en réalité par additions successives de $0^{\text{cm cub}}$ d'eau de mer pure; la liqueur de kaolin était renouvelée après deux expériences; dans le tracé des courbes, on n'a pas tenu compte des chiffres obtenus au commencement, parce qu'il se fait toujours alors un tourbillonnement confus des particules solides au sein du liquide.

Expérience I. — Eau distillée avec très légères traces d'impuretés afin de ne point laisser le kaolin indéfiniment en suspension $= 5^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin $= 40^{\text{cm cub}}$; $t = 46°,5$; l'expérience est destinée à servir de type; elle a été prolongée pendant 304 heures.

Expérience II. — Eau distillée $= 5^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin $= 40^{\text{cm cub}}$; eau de mer pure $= 0^{\text{gr}},05$, $t = 45°$.

Expérience III. — Eau distillée $= 5^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin $= 40^{\text{cm cub}}$, eau de mer pure $= 0^{\text{gr}},075$; température $= 45°,5$.

Expérience IV. — Eau distillée $= 5^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin $= 40^{\text{cm cub}}$; eau de mer pure $= 0^{\text{gr}},10$; $t = 47°$.

Expérience V. — Eau distillée $= 5^{\text{cm cub}}$; liqueur normale de kaolin $= 40^{\text{cm cub}}$; eau de mer pure $= 0^{\text{gr}},15$; $t = 46°,5$.

Expérience VI. — Cette expérience a été faite en ajoutant à de l'eau de mer pure $3^{\text{gr}},33$ de kaolin sec correspondant au poids contenu dans 40 centimètres cubes de la liqueur normale, de façon à obtenir un volume total égal à celui des expériences précédentes.

Les courbes I, II, III, IV, V (*fig.* 5) sont tracées en prenant pour abscisses les temps en heures et pour ordonnées les hauteurs respectives de liquide limpide au-dessus de chaque nappe; pour la courbe VI, les abscisses sont comptées en minutes et les ordonnées ont été réduites à une échelle moindre de moitié. Sur cette dernière, on remarquera le brusque point d'inflexion après 90 minutes. Comme il ne se produit pas de nappe, on se borne à mesurer l'épaisseur limpide au-dessus du dépôt qui se forme immédiatement. La courbe (*fig.* 6) a été faite en prenant en ordonnées les temps après lesquels disparaissent les nappes et en abscisses les volumes d'eau de mer pure ajoutés :

I		II		III		IV		V		VI			
Total des heures	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	Hauteur limpide en millim.	Total des heures	Hauteur limpide en millim.	Total des minutes	Hauteur limpide en millim.	Total des minutes	Hauteur limpide en millim.
h. m.													
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	180
15,50	3	6	1	6	1	5	1,5	5	3	10	48	110	181,5
40,50	8	9	1,5	7	1,5	6	2,5	7	6,5	15	54	115	182,5
94,5	23	24	6	22	11,5	21	23,5	8	9,0	20	62	120	183
97,15	23	27	7	24	12,5	22	24,5	»	disp.	25	70	125	184
111,55	26	29	9	28	16,5	24	29	»	»	30	78	135	186
118,5	28	33	10	31	20,5	27	34	»	»	35	86	140	187
142,5	33	48	19	46	37,5	»	disp.	»	»	40	92,5	150	188
159,5	38	51	21	49	42	»	»	»	»	45	101	160	191
168,40	40	54	23	52	45,5	»	»	»	»	50	108	170	200
184,25	46	57	24	55	49,5	»	»	»	»	55	118	265	204
191,40	46	72	31	»	disp.	»	»	»	»	60	124	315	206
210,5	52	75	32	»	»	»	»	»	»	65	133	350	207,5
232,30	56	81	35	»	»	»	»	»	»	70	143	380	209,5
256,25	63	96	41	»	»	»	»	»	»	75	151	425	210,5
262,5	65	»	disp.	»	»	»	»	»	»	80	160	480	211,5
264,15	65	»	»	»	»	»	»	»	»	85	168	1385	215
279,35	70	»	»	»	»	»	»	»	»	90	174	1445	215
285,45	72	»	»	»	»	»	»	»	»	95	177	1745	215
304,5	77	»	»	»	»	»	»	»	»	100	179		

Dans une seconde série d'expériences, deux tubes de mêmes dimensions contiennent chacun 3^{gr},33 de kaolin sec et 45 centimètres cubes d'un liquide qui, pour l'un, était de l'eau de mer pure, et, pour l'autre, de l'eau distillée. On ajoute à ce dernier d'abord 1 centimètre cube, puis, dans les expériences suivantes, 2, 3, 4 et enfin 5 centimètres cubes d'eau de mer; on secoue et on abandonne en même temps les deux tubes au repos. Avec 4 centimètres cubes, les phénomènes de sédimentation paraissent identiques : clarification immédiate du liquide, tassement également rapide du dépôt, on ne distingue pas la moindre différence. La densité du liquide, contenant les 5 centimètres cubes d'eau de mer, est de 1,00253.

Les expériences précédentes démontrent que :

1° Le mélange de l'eau de mer avec l'eau douce fait

disparaître complètement le phénomène des nappes aussitôt que le proportion de l'eau de mer est de 1/2 p. 100 (0,55 p. 100).

2° La précipitation des argiles a lieu absolument comme dans la mer dans une eau douce contenant 10 p. 100 d'eau de mer et possédant une densité de 1,002.

Cette remarque fixe la véritable limite de l'Océan à l'embouchure des fleuves ; à partir d'un point que l'aréomètre du *Challenger*, par une mesure de densité, permet de reconnaître rapidement et exactement, commence la barre formée par les dépôts. Il convient en outre, pour établir sa position véritable, de prendre en considération, dans chaque cas, les effets mécaniques des courants, soit du fleuve lui-même, soit des marées.

Influence de la pression et de l'air dissous. — Il ne semble pas possible d'étudier séparément, par des expériences, l'influence de l'air dissous et celle de la pression sur les phénomènes de la sédimentation. Si on examine l'effet d'une pression nulle, il est évident que dans le tube d'essai en partie rempli de liquide, l'espace laissé libre ne demeurera vide que lorsque tout l'air dissous dans le liquide aura disparu. Si, au contraire, on opère sous pression, le liquide, même préalablement purgé d'air, se saturera de nouveau au moment où l'on exercera la pression. Peut-être pourrait-on résoudre le problème en isolant le liquide aqueux de l'atmosphère ambiante par une couche d'un autre liquide plus léger, tel que de l'huile, par exemple. Je ne l'ai point essayé, car dans le cas du vide l'artifice serait inefficace, et en outre les résultats acquis et qui vont être énoncés ne justifient pas suffisamment une telle complication expérimentale.

Deux tubes identiques sont remplis, l'un d'eau distillée contenant en suspension du kaolin, le second d'eau distillée portée à l'ébullition et à laquelle on ajoute la

même quantité de kaolin. Le premier tube est scellé sous la pression atmosphérique, le second après avoir été laissé assez longtemps en communication avec une trompe pour que tout l'air en ait été éliminé. Tous deux, après agitation sont abandonnés au repos dans des conditions identiques. Au bout d'un certain temps, le tube contenant de l'air est limpide sur une certaine épaisseur, puis translucide jusqu'à la surface horizontale du sédiment compacte déposé au fond. Le tube vide d'air montre une couche limpide d'épaisseur à peu près égale, quoique légèrement moindre, et devient ensuite brusquement opaque sans présenter aucune zone intermédiaire translucide.

La sédimentation s'effectue donc avec une rapidité presque égale au sein de l'eau aérée et au sein de l'eau vide d'air, mais tandis que dans le premier cas, les particules les plus grosses ont leur vitesse de chute accélérée et que les plus fines restent plus longtemps en suspension, dans le second cas, les grains, quelle que soit leur dimension, tombent également vite et leur vitesse correspond à celle des plus fines particules dans l'eau aérée.

J'ai démontré expérimentalement (*) que lorsqu'un corps solide était immergé dans un liquide tenant un sel en dissolution, il fixait à sa surface une certaine quantité du sel dissous. Le phénomène a lieu instantanément et proportionnellement à la surface des grains immergés. La fixation se prouve et se mesure à l'aide de deux titrages successifs du liquide salé, l'un avant et l'autre après l'immersion du corps solide, d'ailleurs inactif au point de vue chimique. Tel est le motif pour lequel les

(*) J. Thoulet, *Attraction s'exerçant entre les corps en dissolution et les corps solides immergés*, Comptes rendus Acad. Sc., t. XCIX, p. 1072, et t. C, p. 1002, 1885.

argiles restent d'autant mieux en suspension dans les fleuves que l'eau en est plus pure et se déposent à l'embouchure du fleuve dans la mer au contact de l'eau salée.

Les phénomènes observés dans les deux tubes peuvent s'expliquer en admettant que l'air en dissolution dans l'eau se comporte comme un sel dans les mêmes conditions.

En effet, les grains du sédiment étant, malgré leur finesse, de dimensions différentes, si l'air y adhère, il allège chacun d'eux et ralentit par conséquent leur vitesse de chute; le retard est proportionnel à la surface en raison inverse de la masse, de sorte qu'un gros grain est beaucoup moins ralenti qu'un petit et, comme d'autre part, le gros grain tombe de lui-même plus vite, il en résulte que la différence de durée de chute entre les gros et les petits grains est exagérée, et l'on distingue dans le tube une couche supérieure limpide devenant par degrés insensibles d'abord translucide, puis opaque.

Au contraire, les petits grains privés d'air tombent presque aussi vite que les gros, de sorte que le liquide limpide du tube passe ensuite brusquement à l'opacité.

Pour étudier le phénomène sous pression, un tube de verre rempli d'eau et de kaolin est mis en communication avec une pompe Cailletet; on comprime jusqu'à 15 atmosphères. Malgré des tentatives réitérées pour produire une nappe visible en faisant varier la proportion d'argile, aucun résultat n'a apparu. Le tube devenait translucide par degrés insensibles et le sédiment s'accumulait au fond. En recommençant l'expérience dans les mêmes conditions, quoique sans pression, on n'a pu découvrir aucune différence dans le phénomène.

On a alors mesuré la rapidité avec laquelle s'entassait le sédiment compacte au fond du tube et l'on n'a pas réussi davantage à apercevoir une différence en opérant

à la pression de 15 atmosphères ou à la pression ordinaire.

On est donc fondé à croire que la pression, au moins jusqu'à 15 atmosphères, ne modifie pas sensiblement la vitesse de chute ni la rapidité d'entassement des sédiments au sein d'un liquide.

J'ai voulu vérifier si réellement les grains solides emportent avec eux une gaine d'air qu'ils cèdent ensuite à l'eau ambiante lorsque celle-ci en est privée. La question, ainsi qu'on le verra plus loin, touche à un important problème de la physique du globe, la stagnation des eaux abyssales se conciliant fort bien avec leur habitabilité reconnue par des animaux.

On porte de l'eau distillée, dans un ballon, à une ébullition suffisamment prolongée pour faire disparaître toute trace d'air; on ajoute de l'acide pyrogallique et, au dernier moment, un fragment de potasse caustique, puis on verse immédiatement dans un long tube vertical fermé à l'une de ses extrémités. Le tube, sur la plus grande partie de sa hauteur, depuis sa base, est plongé dans un vase d'eau froide. On voit alors le liquide absorber l'oxygène de l'air, noircir à sa surface et la coloration noire descendre graduellement sans qu'on puisse l'attribuer à un mélange mécanique des eaux de surface devenues plus denses par leur refroidissement et tombant au fond, puisque par suite du contact avec l'eau extérieure, la liqueur pyrogallique est, au contraire, plus froide et plus lourde dans le bas du tube qu'à la surface. Après peu de temps, le tube est complètement noir du haut jusqu'en bas.

Si l'on désire retarder le phénomène afin de l'observer plus à loisir, il suffit de faire dissoudre l'acide pyrogallique dans de l'eau préalablement additionnée d'un peu de gomme arabique et d'opérer comme précédemment.

On prend une poudre minérale quelconque, grains de

quartz ou de marbre ; le phénomène réussit particulièrement bien avec de petits fragments de craie ; on projette cette poudre dans un tube de liqueur pyrogallique incolore ; arrivé au fond, on voit chaque grain s'entourer d'une auréole foncée de liqueur oxygénée montrant bien qu'il a entraîné autour de lui une enveloppe d'air. Il en est de même si les fragments minéraux sont imbibés d'eau ordinaire ; mais aucun effet ne se manifeste si on a maintenu les grains assez longtemps dans de l'eau en ébullition, car la gaine d'air a disparu ; enfin il y a formation d'une auréole très légère, il est vrai, quoique reconnaissable, si après avoir fait bouillir les grains, on les abandonne ensuite à eux-mêmes, dans l'eau, au contact de l'atmosphère pendant un temps suffisant pour permettre à cette eau de s'aérer de nouveau et aux grains de s'emparer à leur tour de cet air en le fixant à leur surface.

On ne saurait donc pour nier la stagnation des eaux abyssales de l'Océan, prétendre que si cette stagnation existait les eaux deviendraient inhabitables par manque d'aération alors que l'observation constate au contraire qu'elles sont habitées. Il faudra donc, pour ce motif et pour d'autres encore (*), ne point considérer comme jusqu'à présent démontrée l'hypothèse d'une circulation océanique profonde verticale et chercher à compléter dans les couches voisines de la surface la circulation générale.

Chute des globigérines. — Comme application des expériences précédentes, j'ai mesuré la vitesse de chute de globigérines dans l'eau de mer.

Ces foraminifères vivent à la surface de l'eau ; après

(*) J. Thoulet, *Les Eaux abyssales*, Revue générale des sciences pures et appliquées, 16 août 1890.

leur mort, leur dépouille calcaire contenant encore un peu de matière organique possède une densité assez faible et, ballottée par les vagues, elle demeure pendant un certain temps au milieu des eaux superficielles et peut même être ainsi entraînée par les courants au delà des aires où les conditions extérieures sont spécialement favorables à l'habitat de l'espèce animale. Bientôt la matière organique disparaît et réduites alors à l'état purement inorganique, atteignant d'ailleurs à peu de profondeur les zones d'eaux calmes, les globigérines obéissent aux lois de la pesanteur, descendent verticalement et vont s'accumuler sur le fond où elles constituent d'immenses dépôts calcaires destinés peut-être à émerger un jour et, dans les périodes géologiques futures, à devenir les analogues de nos couches calcaires subaériennes élaborées dans les eaux pendant les périodes géologiques antérieures.

On a reconnu par des sondages que les vases à globigérines disparaissent presque entièrement au delà de 5300 mètres de profondeur et que, plus bas, ces foraminifères ne se rencontrent plus qu'en échantillons relativement rares. L'accroissement positif ou négatif du dépôt est l'excès de la quantité des sédiments calcaires qui tombent sur la quantité de ceux qui se dissolvent, cette dernière étant fonction elle-même de la durée du contact avec l'eau. Trois éléments sont donc à considérer dans l'étude de la genèse des dépôts : la quantité de matière calcaire en suspension dans les eaux superficielles, la solubilité et la vitesse de chute, cette dernière donnée destinée à faire savoir si la globigérine disparaît avant d'arriver au fond ou seulement après s'être arrêtée et tandis qu'elle repose sur le sol.

M. John Muray (*), après avoir pesé la quantité de car-

(*) John Murray, *Structure, origin and distribution of coral*

bonate de chaux (sous forme de coccosphères, rhabdosphères, foraminifères, ptéropodes et autres mollusques) recueillie par lui sur un espace déterminé avec un filet fin, estime que 16 tonnes anglaises, au minimum, de ce carbonate se trouvent en suspension dans une masse d'Océan ayant une surface de 1 kilomètre carré sur une profondeur de 100 brasses. Ce chiffre serait même très inférieur à la réalité. Il est vrai que les coccosphères et les rhabdosphères, à cause de leurs petites dimensions, doivent demeurer pendant très longtemps le jouet des courants et des vagues dans les couches supérieures de larme.

Les globigérines expérimentées ont été recueillies à bord de *l'Hirondelle* par S. A. S. le prince de Monaco, qui a bien voulu me les faire remettre. Le tube les contenant était étiqueté : tube n° 20, 14 juillet 1888, 3ᵉ tamis (tamis le plus fin), numéro définitif de station 184; chalut, 1850 mètres, latitude 40° 5′N., longitude 29° 48′W. Les foraminifères complets ou brisés appartenaient en majorité aux espèces *Globigerina* et *Orbulina;* on y trouvait aussi les espèces *Cristallaria*, *Hyperammina*, *Trochammina* et des débris de radiolaires siliceux.

Un triage a été exécuté dans un tube vertical (*) ; un courant ascendant d'eau de mer auquel on a donné successivement les vitesses de $2^{cm},93$, $2^{cm},41$; $1^{cm},35$ et $0^{cm},74$ par seconde et auquel on a soumis l'ensemble des globigérines a séparé celles-ci en cinq catégories dont le diamètre moyen, mesuré au microscope sur un très grand

---

Reefs and Islands, Royal Institution of Great Britain, March 16, 1888 *in* Thoulet, *Océanographie statique*, p. 259.

(*) J. Thoulet, *Expériences relatives à la vitesse des courants d'eau ou d'air susceptibles de maintenir en suspension des grains minéraux de volume et de densité déterminés*, Comptes rendus de l'Acad. des Sc., t. XCVII, p. 1513, et Annales des mines, mai-juin 1884.

nombre d'échantillons, était respectivement de 0,75, 0,50, 0,33, 0,26 et 0^{mm},12.

On a choisi un tube en verre très droit, rempli d'eau de mer et portant deux repères à la distance de 1750 millimètres ; on y versait par petites portions les foraminifères de chacune des catégories, on notait au compteur à pointage le passage du premier et du dernier individu au repère inférieur et on prenait la moyenne de la durée de chute. Chaque expérience a été recommencée 20 fois et on a de nouveau calculé la moyenne des temps. Les différences en plus ou en moins ont été remarquablement faibles et par conséquent négligeables.

Connaissant la vitesse par seconde, on a calculé le temps mis par les globigérines pour tomber de la surface jusqu'à la profondeur de 1850 mètres où on les a recueillies. Les résultats obtenus sont indiqués sur le tableau suivant :

NUMÉROS d'ordre	DIAMÈTRE moyen en millim.	RÉSISTANT à courant. Centimètres par seconde	ENLEVÉES par un courant. Centimètres par seconde	CHUTE verticale. Centimètres par seconde	TEMPS pour atteindre 1.850 mètres
1	0,75	2,93	»	3,78	13^h 35′
2	0,50	2,41	2,93	2,74	18^h 45′
3	0,33	1,35	2,41	2,05	25^h 3′
4	0,26	0,74	1,35	1,26	40^h 5′
5	0,12	»	0,29	0,70	73^h 25′

La vitesse de chute jusqu'au fond est donc remarquablement rapide et les globigérines, comme d'ailleurs tous les innombrables corpuscules solides qui traversent en pluie continue les couches de l'Océan, entraînent avec elles leur gaine d'air qui aère les eaux abyssales.

Nous résumerons de la façon suivante les conclusions des expériences décrites.

Les particules immergées dans l'eau tombent avec

une vitesse sensiblement uniforme d'autant plus grande que la différence de densité est plus considérable entre le solide et le liquide, diminuant lorsque la température se rappoche de celle pour laquelle le coefficient de la dilatation de l'eau distillée est égal à celui des particules ; au moins jusqu'à une douzaine d'atmosphères, la pression paraît être sans influence.

On sait que les corps solides en dissolution sont attirés et se fixent en partie à la surface des particules immergées, de sorte que, même à doses très faibles, ils activent la vitesse de chute. Dans les mêmes circonstances, l'air en dissolution se fixe également sur les particules ; sa présence, démontrée directement, à l'état de gaine adhérente à la surface des particules et constituant ainsi l'ensemble complexe d'une sorte de molécule mécanique, explique diverses particularités de la chute des sédiments. Elle rend compte de l'aération et par suite de l'habitabilité des eaux abyssales de l'Océan.

La précipitation des argiles s'opère dans de l'eau douce additionnée de 10 p. 100 d'eau de mer, et par conséquent de densité égale à 1,002, absolument comme dans l'eau de mer pure. Cette observation permet de déterminer par une mesure aréométrique la véritable limite entre l'Océan et les continents à l'embouchure des fleuves.

Le temps nécessaire pour que les matériaux solides et en particulier les globigérines traversent les eaux océaniques et parviennent sur le sol sous-marin pour s'y accumuler et y constituer les dépôts est relativement court. Comme d'ailleurs le pouvoir dissolvant de l'eau de mer est faible (*), au moins à la pression ordinaire, il en

(*) J. Thoulet, *Solubilité de divers minéraux dans les eaux de la mer*, Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CVIII, p. 753, 1889, et t. CX, p. 652, 1890.

résulte que la perte de poids subie par ces matériaux pendant leur descente est peu importante.

Le phénomène des nappes ou strates multiples superposées formées par des poussières très fines tombant à travers un liquide peut être attribué à de simples causes mécaniques; il ne s'observe qu'au sein de liquides contenus dans des récipients de faibles dimensions.

ÉTUDE

SUR

LES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE

DES OUVRIERS DES CHEMINS DE FER ET DES MINES

EN ANGLETERRE, ITALIE ET BELGIQUE

Par M. AYMÉ-MARTIN,
Avocat à la Cour d'appel de Paris.

PREMIÈRE PARTIE.

ANGLETERRE.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES LOIS ET LES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE EN ANGLETERRE.

Dans ces dernières années, le Parlement anglais a voté de nombreuses lois restreignant la liberté du contrat de travail, réglant la responsabilité du patron en cas d'accidents et tendant à mettre sous la surveillance de l'État les institutions de prévoyance.

C'est depuis 1870 surtout que l'on constate l'immixtion des pouvoirs publics dans les questions sociales, la tendance de l'Angleterre à imiter la centralisation du continent.

§ 1er. *Loi réglementant le contrat de travail.* — Par toute la série des *factories acts* dont le dernier *Shop*

hours regulations act date de 1886, le législateur anglais a réglementé le travail des enfants et des femmes dans les manufactures et les mines. Aucune personne de moins de dix-huit ans ne peut être employée dans un atelier plus de soixante-quatorze heures par semaine. Dans aucune circonstance une femme ou un enfant au-dessous de douze ans ne peut travailler dans les galeries souterraines des mines.

§ 2. *Loi sur la responsabilité des accidents.* — La loi du 7 septembre 1880 sur les accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail (*employers liability act*) a eu pour objet d'étendre et de régler la responsabilité des patrons en cas d'accidents.

Autrefois la jurisprudence anglaise, interprétant d'une manière très étroite une ancienne loi, déclarait que l'incapacité permanente ou temporaire de travail ne donnait pas droit à des dommages-intérêts si l'ouvrier avait été blessé par un camarade. Elle réputait camarade toute autre personne que le patron. Le directeur d'une compagnie de chemins de fer, par exemple, était le camarade d'un homme d'équipe, pour la jurisprudence. Il en résultait que l'homme d'équipe blessé n'avait de recours contre personne et ne pouvait par suite obtenir de dommages-intérêts.

C'est pour mettre fin à cet état de choses par trop contraire à l'esprit moderne que fut votée la loi de 1880.

L'article premier de la loi définit les droits de l'ouvrier blessé :

« *Art.* 1er. — Lorsqu'un dommage a été causé à un ouvrier :

« 1° Par quelque défaut dans le mode de travail ou dans le matériel employé ;

« 2° Par quelqu'un de ceux que le maître a commis pour la conduite des travaux ;

« 3° Par le fait de toute personne employée chez le patron aux ordres de qui était l'ouvrier au moment de l'accident, accident qui n'est arrivé à l'ouvrier que parce qu'il s'est conformé aux ordres reçus ;

« 4° Par le fait de toute personne employée du maître et qui agissait en vertu des règlements faits par lui ou ses délégués ;

« 5° Par la négligence de tout employé chargé des signaux, de la conduite des trains ou des machines sur une voie de fer ;

« L'ouvrier qui a souffert de ce dommage ou, s'il a péri, son ayant cause a le même droit à l'indemnité qu'une personne étrangère à l'exploitation. »

D'après la loi, le montant de l'indemnité ne pourra excéder une somme représentant trois années du salaire d'un ouvrier de la même profession dans le même district. La preuve reste à la charge de l'ouvrier.

En somme, actuellement, à part la limitation de l'indemnité, la responsabilité du patron anglais est à peu près celle qu'établissent les articles 1382 et suivants de notre Code civil.

Cette responsabilité est absolue. Le patron ne peut pas même y échapper en prouvant qu'il a créé pour ses ouvriers une société d'assurance mutuelle, à laquelle il participe dans une large mesure.

Une conséquence si étroite a eu pour résultat d'arrêter l'essor de certaines sociétés mutuelles et de favoriser les grandes compagnies d'assurance.

Les sociétés financières ont créé une branche de l'assurance correspondant au risque fixé par la loi de 1880, l'assurance de la responsabilité des patrons, qui ressemble beaucoup à notre assurance de responsabilité civile, mais qui en diffère sur un point.

Chez nous, d'ordinaire, l'assurance de responsabilité est l'accessoire d'une assurance collective qui garantit

des indemnités aux ouvriers quelle que soit la cause de l'accident. Les compagnies anglaises, au contraire, se bornent à couvrir uniquement la responsabilité du patron résultant de la loi de 1880.

§ 3. *Compagnies d'assurance.* — Les compagnies d'assurance sur la vie sont nombreuses et prospères dans le Royaume-Uni. Bien que l'association soit libre, ces sociétés n'en sont pas moins soumises à diverses obligations. Pour protéger le public contre certaines fraudes autrefois fréquentes, un act du 9 août 1870, oblige toute compagnie à déposer au moins 20.000 £ (500.000 francs) à la caisse du receveur général de la Cour de la chancellerie, exige l'établissement du bilan à la fin de chaque exercice, l'examen de la situation financière par un expert tous les cinq ans, punit d'amende ou d'emprisonnement toutes fausses déclarations ou falsifications de documents.

§ 4. *Institutions ouvrières.* — La prévoyance ouvrière s'adresse rarement aux compagnies. Elle a, le plus souvent, recours aux institutions régies par des lois spéciales qui lui offrent de plus grands avantages.

Ces institutions peuvent se partager en cinq groupes :

1° Les *Friendly Societies* (sociétés amicales, sociétés de secours mutuels);

2° Les *Trade-Unions;*

3° Les *Building Societies* (sociétés de prêts hypothécaires);

4° Les *Industrial and Provident Societies* (sociétés coopératives);

5° Les *Loan Societies* (sociétés de prêts).

Ces sociétés se divisent elles-mêmes en deux classes suivant qu'elles se sont soumises au non à « l'enregistrement », formalité administrative assez semblable à

l'homologation prévue dans nos projets de loi sur les sociétés de secours mutuels.

Par cet enregistrement facultatif, mais fort avantageux, le gouvernement anglais essaie de contrôler et au besoin de diriger la plupart des associations ouvrières. Pour atteindre ce but, il n'a pas reculé devant la création d'une administration complète. A Londres se trouve le bureau central de l'enregistrement avec le Chief Registrar et un adjoint. Dans chacune des capitales de l'Écosse et de l'Irlande, il existe un Registrar adjoint, chacun d'eux ayant un personnel sous ses ordres.

Cette administration forme un département spécial subordonné dans certaines affaires à la Trésorerie et pour d'autres au Home office.

Le nombre des sociétés enregistrées dépasse trente-et-un mille. Il existe néanmoins un grand nombre de sociétés non enregistrées surtout parmi les trade-unions. La condition fondamentale de l'association en Angleterre étant la liberté, aucune formalité n'est exigée pour la création d'une société, aucun contrôle du gouvernement ne peut être exercé sur les sociétés qui ne veulent pas se soumettre à l'enregistrement.

Ces sociétés qui ne supportent pas la surveillance administrative sont loin de tenir tous leurs engagements; et leurs sociétaires s'y préparent souvent de durs mécomptes. Il est vrai que les sociétés enregistrées ne sont guère plus à l'abri d'une semblable critique. Sur 6.000 sociétés dont les comptes ont été vérifiés l'année dernière, 5.000 ont été trouvées en déficit.

Ces divers groupes de sociétés, surtout les deux premiers, étant fort répandus parmi les ouvriers de chemins de fer et de mines, il paraît nécessaire de donner quelques détails sur chacun d'eux.

§ 5. *Des Friendly Societies.* — Les Friendly Societies

(sociétés amicales) correspondent à peu près à nos sociétés de secours mutuels. Elles sont régies par diverses lois récentes, dont la principale date de 1875. Leurs objets sont nombreux. Ils comprennent les secours aux sociétaires en cas de maladies ou d'infirmités corporelles ou mentales, les pensions dans la vieillesse, à partir de cinquante ans, les secours au conjoint, aux enfants, aux ascendants, même aux collatéraux en cas de mort du sociétaire. Les Friendly Societies assurent aussi des sommes à payer à la naissance d'un enfant et à la mort du conjoint ou des enfants. Elles peuvent être établies encore pour secourir les membres voyageant à la recherche du travail et pour assurer la dotation à tout âge des membres de l'association ou de leurs ayants cause.

Le chiffre des secours des Friendly Societies est limité. Aucune rente viagère ne peut dépasser 1.250 francs, aucun capital ne peut s'élever au-dessus de 5.000 francs.

Le législateur a accordé des avantages considérables aux Friendly Societies qui se soumettent à l'enregistrement.

Une Friendly Society enregistrée a le droit illimité d'acquérir des immeubles. Elle peut ester en justice par ses *trustees* ou mandataires. Elle a un privilège sur les biens de ses administrateurs, en cas de décès, faillite ou saisie. La plupart de ses pièces sont exemptes de tout droit de timbre. Elle obtient des extraits des actes de naissance et de décès à prix réduit. Elle peut placer ses fonds chez les commissaires pour la réduction de la dette publique à un *intérêt fixe* d'environ 3,04 p. 100. Les sociétaires, même les mineurs âgés de seize ans, peuvent disposer par « nomination » (*), de sommes payables par la société

(*) La nomination est une sorte de testament olographe. Le sociétaire qui dispose par nomination écrit et signe simplement sur un registre de la Société sa volonté de léguer son assurance à la personne qu'il désigne.

jusqu'à concurrence de 1.250 francs. De plus, la société a droit aux services de certains agents de la Trésorerie, les *public auditors*, ou vérificateurs publics pour la vérification de ses comptes et, pour l'évaluation de sa situation financière au point de vue de la mortalité, aux *publics valuers* (évaluateurs publics).

Par contre, la société enregistrée est tenue : d'avoir toujours un « registered office » ou domicile légal inscrit au registre; de faire vérifier ses comptes, soit par un vérificateur public, soit par deux sociétaires, tous les ans au moins; d'envoyer au *Registrar* un *return* ou bilan annuel dont la forme est fixée par l'administration, de présenter tous les cinq ans au Registrar un relevé de la maladie et de la mortalité éprouvées par la société; de faire évaluer tous les cinq ans au moins sa situation financière.

Le nombre des Friendly Societies est considérable en Angleterre. M. Malcolm Ludlow, le Registrar en chef, l'estime à environ vingt-sept mille. Mais ce chiffre ne représente pas autant de sociétés isolées. Les Friendly Societies au contraire forment généralement de vastes fédérations, se subdivisant en un grand nombre de branches.

Elles portent alors, le plus souvent, le nom de sociétés affiliées « Affiliated Societies ».

L'organisation de ces sociétés affiliées paraît dériver de la franc-maçonnerie. Les corps qui composent la fédération sont généralement désignés par le mot loges (lodge). La réunion de quelques loges constitue le district, et l'ensemble des districts forme la société. Cette organisation à deux degrés, le district et la loge, est presque indispensable lorsque la fédération atteint une certaine importance, surtout lorsqu'elle s'étend dans toutes les parties du monde, comme le font quelques sociétés anglaises. Le plus souvent la loge paie les

secours de maladie, le district les frais de funérailles, les frais de voyage, les secours aux veuves et aux orphelins.

Les deux principales sociétés affiliées, celle des Originaux de l'Unité de Manchester (Manchester Unity of odd fellows) et celle de l'ancien Ordre des forestiers (Ancient order of foresters) comprennent, à elles deux, plus d'un million de sociétaires répandus dans le Royaume-Uni, dans ses colonies et à l'étranger, principalement aux États-Unis. Les fonds de chacune des deux sociétés peuvent être évalués à près de cent millions.

Les Friendly Societies sont administrées rarement par les membres honoraires, souvent par un conseil d'administration composé de membres honoraires et de membres participants, souvent aussi par les membres participants seuls.

Les cotisations sont mensuelles ou hebdomadaires.

Depuis la loi de 1875, à part le placement qui ne repose que sur la garantie individuelle (et encore faut-il en excepter les petits prêts faits aux sociétaires), tous les placements sont permis aux Friendly Societies. Les placements entre les mains des « National debt commissioners » ont l'avantage de leur assurer un intérêt fixe de 3,04 p. 100. Les sociétés bien administrées préfèrent ce depôt, mais beaucoup de petites sociétés, arrêtées par les formalités qu'il exige ou désirant pouvoir retirer plus facilement leurs fonds, les versent dans les caisses d'épargne ou les emploient en achats de titres de rentes, d'actions et d'obligations. D'autres, profitant du droit illimité d'acquérir des immeubles, achètent des propriétés.

§ 6. *Trade-Unions.* — Une loi de 1876 définit ainsi la Trade-Union : « Toute coalition temporaire ou permanente ayant pour but soit de régler les rapports entre ouvriers

et patrons, ou entre ouvriers et ouvriers, ou entre patrons et patrons, soit de soumettre à des conditions restrictives l'exercice d'un commerce, d'une affaire quelconque. »

Depuis 1834 les unions fonctionnent en Angleterre sans empêchement légal; mais leurs conditions d'existence ont été réglées surtout par les lois de 1871 et de 1876.

Le législateur anglais a traité sans bienveillance ces sociétés. Aucun tribunal ne peut obliger les membres d'une Trade-Union à observer les termes de son contrat. En ce qui concerne le paiement des cotisations ou des amendes, par exemple, aucun jugement ne peut servir à la Trade-Union de titre exécutoire contre un sociétaire qui ne tient pas ses engagements. Mais « l'enregistrement » procure des avantages importants aux Trade-Unions. Celles qui se soumettent à cette formalité jouissent de la plupart des droits des Friendly Societies enregistrées.

Néanmoins, le nombre des Trade-Unions enregistrées est fort restreint. On en comptait 252 en 1876; il en existait 265 dix ans après. Or, d'après les statisticiens anglais le nombre des unions locales, sans compter les fédérations, est d'environ 3.000. La grande majorité des Trade-Unions refuse donc de se soumettre à l'enregistrement.

Le type des Trade-Unions est fort variable. Il en est qui se forment avant une grève, uniquement pour faciliter la résistance des ouvriers contre les patrons. Mais cette sorte de société ne peut durer longtemps.

Bien que le but principal de la Trade-Union soit la défense des intérêts du travail contre le capital, la plupart de ces sociétés y joignent d'autres objets, les secours en cas de chômage, les secours aux ouvriers blessés, à leurs veuves et à leurs enfants, et c'est là un excellent modérateur à leurs tendances militantes.

L'organisation des Trade-Unions a été empruntée à

celle des Friendly Societies. Il existe des unions purement locales et des unions affiliées, amalgamées, partagées en districts et en loges ou branches qui s'étendent parfois dans diverses parties du monde.

Les habitudes de coalition ont conduit les fédérations des Trade-Unions à une pratique qui leur est particulière. C'est l'égalisation des fonds (equalization of funds). Tandis que dans les Friendly Societies affiliées chaque loge conserve ses fonds quelle que soit leur importance, dans les Trade-Unions amalgamées il est de règle que chaque loge ait la même somme ou à peu près par tête de sociétaires. Chaque année donc et souvent tous les trois mois, par l'intermédiaire de l'administration centrale, les loges les plus riches font parvenir une partie de leurs ressources aux branches les plus pauvres.

Le besoin de réaliser facilement les fonds, fait que le plus souvent les Trade-Unions les déposent dans les caisses d'épargne postale ou dans les banques ordinaires.

§ 7. *Autres groupes d'institutions de prévoyance ouvrières.* — Les Building Societies (sociétés de prêts hypothécaires), les Loan Societies (sociétés de prêts) et les Industrial and provident Societies (sociétés coopératives) sont moins importantes par le nombre que les Friendly Societies et les Trade-Unions. D'ailleurs, elles intéressent moins directement les ouvriers des chemins de fer et des mines. Elles ne se rencontrent pas dans l'étude qui va suivre sur les institutions de prévoyance des ouvriers de l'industrie extractive et de l'industrie des transports. Il est donc inutile d'en parler plus longuement.

§ 8. *Caisses d'épargne.* — Les caisses d'épargne ne sont pas des institutions de prévoyance à proprement parler; mais elles rendent de grands services à la pré-

voyance anglaise en recevant sans limite les dépôts des associations mutuelles.

Elles sont régies par la loi de 1863 qui confie l'administration de chaque caisse d'épargne à des Trustees (mandataires locaux), limite les sommes que tout particulier peut y verser et garantit un intérêt fixe de l'État.

Autour des caisses d'épargne proprement dites appelées Trustee Savings-Banks et dont le nombre n'augmente plus (*), existent les caisses d'épargne à un penny (Penny Savings-Banks) et la caisse d'épargne postale, qui s'étendent dans les moindres villages et facilitent encore l'épargne des plus humbles.

Le gouvernement accorde aux déposants de la caisse d'épargne postale des avantages à peu près semblables à ceux que donnent notre caisse de retraite pour la vieillesse et notre caisse d'assurance en cas de décès. Ils peuvent traiter avec les commissaires de la Dette, afin d'assurer une rente viagère immédiate ou différée sur une seule tête, des rentes viagères immédiates sur plusieurs têtes, avec bénéfice de survie. Ces annuités ne doivent pas être inférieures à 1 £, ni supérieures à 100 £. Les déposants qui n'ont pas plus de soixante-cinq ans et moins de quatorze, peuvent également contracter avec les commissaires de la Dette une assurance en cas de décès n'excédant pas 100 £. Il leur est même loisible de stipuler qu'au lieu du capital, il sera payé des annuités aux personnes par eux désignées.

Il est à remarquer que la plupart des économistes anglais partageant la théorie de Michel Chevalier : « L'assurance est l'épargne à sa plus haute puissance », ne préconisent l'emploi des caisses d'épargne qu'au point

(*) De 1875 à 1884, on a constaté la création d'une seule *Trustee Savings-Banks*.

de vue des services qu'elles peuvent rendre à la mutualité.

Pour eux, bien qu'elle soit la condition première de tout progrès chez l'ouvrier, l'épargne développe l'égoïsme, isole l'homme, si elle n'aboutit pas à l'assurance, à l'association plus nécessaire aux faibles et aux pauvres qu'aux riches et aux puissants.

Ces idées ont profondément pénétré dans la classe laborieuse du Royaume-Uni et l'on peut dire que les économies de l'ouvrier anglais au lieu d'aller toutes aux caisses d'épargne sont destinées, pour la plus grande partie, à la mutualité.

II. INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS DE CHEMINS DE FER.

Plus que tous autres les ouvriers de chemins de fer jouissent d'un grand nombre d'institutions de prévoyance.

Ils ont des sociétés fédératives bien connues, comme celle des « mécaniciens réunis », qui étendent leurs branches sur toute l'Angleterre et sur le monde entier. L' « Amalgamated Society of engineers » comptait à la fin de 1887, 51.689 membres appartenant à 432 branches. Sur ces 432 branches ou loges, 308 avaient leur siège en Angleterre, 42 en Écosse, 14 en Irlande, 11 en Australie, 3 dans la Nouvelle-Zélande, 2 à Queensland, 1 dans les Indes-Orientales, 1 à Malte, 7 au Canada, 42 dans les États-Unis, 1 en France.

A côté d'immenses unions de cette espèce, les employés de chemins de fer ont créé, d'ordinaire avec le concours des compagnies, des sociétés qui ne dépassent pas les limites du réseau et qui parfois sont bornées à un district ou à une catégorie d'agents. Ces institutions peuvent, en général, se diviser en quatre groupes :

1° Sociétés de secours contre les maladies ;

2° Sociétés d'assurance contre les accidents;
3° Caisses de retraite (superannuation fund);
4° Caisses de pension (pension fund).

Cette division n'a rien d'absolu. Souvent deux de ces caisses sont réunies en une seule, comme il arrive d'ordinaire pour les sociétés de secours contre les maladies et les sociétés contre les accidents.

§ 1er. *Société de secours contre les maladies.* — Les Sociétés de secours contre les maladies prennent des appellations différentes suivant les compagnies : (Provident Society, Sick an funeral allowance fund, etc.). Au point de vue légal, elles rentrent dans la catégorie des Friendly Societies. La plupart sont enregistrées.

Elles ont généralement pour objet d'apporter des secours en cas de maladie et de subvenir aux frais funéraires. Le plus souvent, elles accordent aussi un capital en cas de mort du sociétaire survenue par accident dans l'exercice du travail.

Les sociétaires sont d'ordinaire les employés subalternes (servants). Ils paient des primes variant de 2 à 10 pence par semaine.

La compagnie fait de faibles dons à leurs caisses. Le plus souvent, les membres du conseil d'administration sont inscrits comme membres honoraires et paient, en cette qualité, une petite somme.

L'administration de la société appartient d'ordinaire aux ouvriers; mais des représentants de l'administration sont admis dans le conseil.

Les secours en cas de maladie sont payés par semaine; ils varient selon l'importance de la prime.

Les secours funéraires sont, en moyenne, de 5 à 20 livres.

§ 2. *Sociétés d'assurances mutuelles contre les acci-*

dents. — A côté des sociétés de secours, la plupart des compagnies ont favorisé la création de sociétés d'assurance contre les accidents du travail (Insurance Societies). Un grand nombre même ont imposé à tous leurs employés l'obligation de faire partie de ces associations.

Mais l'état de la législation sur les accidents empêche ces Sociétés d'atteindre leur entier développement. Comme il a été dit plus haut, la responsabilité établie par la loi de 1880 est absolue, et le fait de participer à la caisse d'assurance mutuelle de ses ouvriers ne met point le patron à l'abri de l'action en responsabilité civile.

Pour se garantir contre de tels risques, les compagnies gardent en réserve des capitaux qu'elles verseraient à la société d'assurance mutuelle de leurs agents si ce versement pouvait couvrir leur responsabilité civile. Elles ne participent donc à ces sociétés que dans une faible mesure. D'ordinaire, les directeurs sont simplement membres honoraires et paient, à ce titre, quelques livres.

Pour remédier à ce fâcheux état de choses, un projet de loi fut déposé par le Gouvernement à l'avant-dernière session (1888).

Ce bill reconnaissait les contrats d'assurance mutuelle intervenus entre patrons et ouvriers. Il portait que les ouvriers assurés pourraient faire abandon des avantages de la loi de 1880 à condition : 1° que le patron fît des versements égaux à ceux de l'assuré ; 2° que l'assurance offrît aux ouvriers des avantages équivalents à ceux qu'ils auraient tenus de ladite loi ; 3° que le patron garantît le paiement des sommes assurées et enfin 4° que le Ministère du commerce (Board of Trade) certifiât que le contrat remplissait entièrement toutes les conditions exigées.

Ce bill rencontra une opposition très vive de la part de certains membres du Parlement et, comme on était à la fin de la session, le Gouvernement le retira.

Il se produisit alors des mouvements en sa faveur.

Entre autres pétitionnaires, les délégués de « l'Insurance Society » du London and North Western Railway, se rendirent en députation auprès du Home-Secretary pour lui exprimer que leur compagnie avait établi un système d'assurance mutuelle qui leur offrait beaucoup plus d'avantages que la loi de 1880.

Malgré toutes ces démarches, le bill n'a pas encore été voté. Il est possible qu'il le soit cette année.

La société d'assurance mutuelle du London and North Western Railway ne peut produire son plein effet à l'égard des parties contractantes que si le projet de loi est adopté.

Cette compagnie fait à la caisse d'assurance de ses employés un versement égal aux 5/6 des primes payées par tout agent qui déclare formellement abandonner les droits résultant pour lui de la loi de 1880.

La caisse est administrée par un comité composé de douze membres participants à qui se joignent trois membres du conseil d'administration de la compagnie.

Les primes à payer sont, suivant les classes de 3, 2 et 1 penny par semaine. Quant aux assurances des agents qui déclarent abandonner les avantages de la loi de 1880, elles s'élèvent en cas de mort à :

100 livres pour la 1re classe.
80 livres pour la 2e classe.
40 livres pour la 3e classe.

Semblables sommes sont accordées aux employés atteints d'une incapacité permanente de travail à la suite d'un accident.

Lorsque l'accident n'a causé qu'une incapacité temporaire, les agents reçoivent un secours hebdomadaire de 21, 14 ou 7 shillings, suivant la classe à laquelle ils appartiennent.

Ceux qui ne veulent pas renoncer au bénéfice de la loi de 1880 ne sont nullement exclus pour cela de la so-

ciété ; mais ils ne reçoivent pas de subsides de la compagnie et, par suite, leur assurance est moindre de près de moitié.

Le nombre des membres de cette société était de 39.602 au 1er janvier 1889. Dans le courant de 1888, la société avait eu à supporter 70 décès survenus par accident, pour lesquels elle avait payé 5.732 £,10 sh.

La plupart des autres compagnies possèdent des sociétés d'assurance contre les accidents. Parfois ces sociétés sont indépendantes et parfois elles ne forment qu'une branche d'une « Mutual Provident Society » qui secourt à la fois et les maladies et les accidents.

La caisse d'assurance du Manchester Sheffield and Lincolnshire Railway, par exemple, a pour unique objet de fournir des secours pécuniaires en cas de mort ou d'incapacité résultant d'un accident survenu au service de la compagnie. Il est formellement stipulé dans les règlements que ces fonds n'auront rien de commun avec ceux qui seront recueillis pour les secours en cas de maladie, les frais funéraires, etc. Toutefois la caisse d'assurance est considérée comme une section de la société mutuelle de prévoyance ; elle est administrée par son comité et soumise à ses règlements.

§ 3e. *Caisses de retraites.* — Toutes les grandes compagnies ont institué une caisse de retraite (superannuation fund) pour leurs agents supérieurs (clerks and officers.) Pour les subalternes (servants) elles ont le plus souvent une caisse de pension (pension fund.) Cependant quelques compagnies, le Great Northern, par exemple, admettent les servants à la caisse de retraite.

Les caisses de retraites des compagnies anglaises semblent calquées sur le même modèle. En voici les lignes principales : Les agents inférieurs ne sont pas admis d'ordinaire à y participer. Les officers et les clerks, — caté-

gorie d'employés qui répond à peu près à celle de nos agents commissionnés, — peuvent seuls en jouir.

Ils y font des versements de 2,5 p. 100 de leur salaire. Les compagnies contribuent à la caisse dans la même proportion.

Le droit à la retraite commence à soixante ans d'âge et à dix ans de service. A partir de dix ans de service, la retraite est de 25 p. 100 du salaire moyen. Pour chaque année au-dessus de dix ans et jusqu'à quarante-cinq, on augmente le pour-cent d'une unité afin d'obtenir le chiffre de la retraite. Elle est donc fixée aux 25 p. 100 du salaire moyen à dix ans de service, aux 26 p. 100 à onze ans de service, aux 27 p. 100 à douze ans, etc., jusqu'à quarante-cinq ans où elle atteint les 67 p. 100 du salaire, chiffre qu'elle ne peut dépasser.

Ces caisses n'assurent pas des pensions aux veuves et aux orphelins du défunt. Mais, à la mort du sociétaire, elles restituent à ses ayants cause, soit l'intégralité de ses versements, soit la différence qui existe entre les versements et les sommes touchées à titre de retraite, s'il a été pensionné.

En règle générale, les primes payées et les versements correspondants de la compagnie sont restitués à l'agent qui quitte honorablement le service.

Les caisses de retraite sont administrées par un conseil de direction composé d'agents élus et de membres choisis par la compagnie, ceux-ci ayant le plus souvent la majorité.

§ 4°. *Caisses de pension.* — A côté des caisses de retraite, plusieurs compagnies possèdent des caisses de pension (pension fund) chargées de secourir les ouvriers subalternes en cas d'invalidité et dans leur vieillesse.

Les ouvriers qui y participent paient des primes hebdomadaires de quelque pence. La compagnie, de son côté, y

contribue pour des sommes égales et y verse la plupart des amendes.

Après vingt ou trente ans de service, cinquante-cinq ou soixante-cinq ans d'âge, les sociétaires ont droit à une pension hebdomadaire de 10 à 20 shillings.

Cette caisse leur assure en plus un capital, s'ils quittent le service par suite de maladies avant l'âge de la retraite. Elle leur accorde même des secours au cas où ils perdent leur femme.

A la mort des agents, leurs ayants droit reçoivent un capital de 10 livres environ.

Ces sociétés sont généralement administrées par un comité composé en majorité d'ouvriers. Toutefois la compagnie y est représentée.

A côté des caisses de pensions, on trouve, dans quelques compagnies, la Great Western, par exemple, des institutions semblables aux caisses des veuves et des orphelins de la Belgique. On les appelle « Widows and orphans benevolent funds. »

Ces caisses, destinées à assurer des secours à la famille de l'employé subalterne qui vient à mourir, sont alimentées par les versements des employés. La contribution de la compagnie consiste dans les sommes que paient les directeurs, comme membres honoraires. Ces widows and orphans benevolent funds sont le plus souvent administrées par le comité du pension fund; elles n'en sont guère qu'une branche.

III. INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS MINEURS.

Les mineurs anglais sont, comme les ouvriers de chemins de fer, très enclins à l'association, à l'assurance mutuelle.

Nombre de Trade-Unions de mineurs sont célèbres,

entre autres celle de Durham (Durham miners'Association) qui passe pour avoir des revenus et des fonds assez considérables. Il y a dix ans déjà que pour 38.000 sociétaires elle possédait un fonds disponible de 79.764 livres (près de deux millions de francs) et un revenu de 39.125 livres, près d'un million.

Mais quelle que soit l'utilité des unions comme caisses de chômage et parfois comme caisses de secours, ce n'est pas par ces sociétés que s'exerce véritablement la prévoyance.

La forme que prennent les véritables institutions de prévoyance des ouvriers mineurs est celle des Friendly Societies.

On peut classer les sociétés amicales des ouvriers mineurs en deux groupes : celles qui ne s'adressent qu'à une seule mine et même à un seul puits, celles qui s'adressent à un district tout entier.

§ 1er. *Sociétés limitées à une mine ou à un puits.* — Ces sociétés amicales, enregistrées le plus souvent, ont pour objet de protéger le mineur à la fois contre la maladie et contre les accidents. Elles accordent des secours hebdomadaires en cas de maladie et un petit capital en cas de mort de l'ouvrier, mais elles n'assurent aucune pension à la veuve ni aux orphelins.

Ce sont des sociétés entièrement administrées par les ouvriers. Le plus souvent d'ailleurs, elles ne reçoivent aucune allocation des exploitants et n'ont pas même de membres honoraires.

Y sont admis comme membres participants tous les ouvriers employés à la mine ou au puits. Ceux qui ont moins de seize ans dans certaines mines, moins de dix-huit dans d'autres, sont considérés comme sociétaires à demi-part ou sont rangés dans une classe distincte.

La contribution des sociétaires à part entière varie de

3 à 6 pence par semaine ; celle des membres participants de moins de seize ans est de la moitié.

Le capital accordé à ses ayants droit à la mort d'un sociétaire à part entière varie de 3 à 8 livres ; les secours hebdomadaires, en cas de maladie, de 3 à 8 shillings. Ces dernières indemnités ne sont généralement délivrées que pendant cinquante-deux semaines et encore, le plus souvent, sont-elles diminuées de moitié après la vingt-sixième semaine.

Les sociétaires à demi-part sont assurés pour des sommes moindres de moitié.

Ces sociétés sont parfois des « Dividend Societies, » sociétés qui, à la fin d'un exercice, partagent entre leurs membres les excédents de recettes ; mais le plus souvent elles sont des « Permanent Societies, » c'est-à-dire qu'elles placent les excédents pour augmenter leur capital. De telles institutions existent généralement à côté de sociétés qui les complètent, les :

§ 2°. *Sociétés qui couvrent un district tout entier.* — Ces associations portent généralement le nom de « Provident Society » ou de « Relief Society. » Au point de vue légal et administratif, elles appartiennent à la catégorie des Friendly Societies. Elles sont le plus souvent enregistrées.

Leur objet unique consiste à assurer les ouvriers contre les accidents.

En cas de mort du mineur survenue par accident, elles délivrent un capital à ses ayants droit s'il est sans famille à secourir, ou elles paient des frais funéraires et des pensions hebdomadaires à sa veuve et à ses enfants jusqu'à l'âge de douze ou treize ans. En cas d'invalidité, elles accordent, à l'ouvrier blessé par accident, un secours hebdomadaire. Elles n'assurent pas de retraite à proprement parler.

Y sont admis comme membres participants tous les mineurs employés dans le district. Souvent l'entrée est soumise à la condition que le patron du mineur sera membre honoraire de la société. Souvent aussi les ouvriers de moins de dix-huit ans ne sont reçus que comme sociétaires à demi-part. Parfois même ceux qui ont moins de seize ans en sont exclus.

Les exploitants des mines contribuent d'ordinaire à ces sociétés par des versements qui varient du 12,5 p. 100 (Midland district) au 25 p. 100 (Monmouthshire and South Wales) des primes payées par les ouvriers. Ces subventions leur font concéder le titre de membres honoraires.

Comme condition de cette allocation, les exploitants des mines du Monmouthshire font signer à leurs mineurs une déclaration semblable à celle de la compagnie du London and North Western Railway, par laquelle ils leur font prendre l'engagement de ne point se servir des droits qui pourraient leur échoir en cas d'accident, en vertu de la loi de 1880.

Au point de vue juridique, cet engagement n'est pas valable, puisque les dispositions de la loi sur les accidents doivent être exécutées nonobstant toute convention contraire. Cette formalité, d'ailleurs, n'est point entrée dans les usages.

Ces sociétés qui couvrent un district tout entier se subdivisent en branches ou agences locales; elles ont une administration centrale et des administrations locales.

Le conseil d'administration central est composé de membres participants et de membres honoraires en nombre à peu près égal. Il règle et dirige les affaires de la société.

Tous les ans se tient une assemblée générale où se réunissent les membres honoraires et les représentants

des agences locales. On y examine l'état des affaires et la situation de la société.

Chaque mine affiliée possède d'ordinaire son administration particulière. Cependant deux ou plusieurs mines voisines peuvent se réunir sous une seule direction.

Dans toute branche on élit annuellement un comité avec un président, un secrétaire et un trésorier.

Le comité dirige les affaires de l'agence locale. Le secrétaire sert de correspondant entre l'agence locale et l'administration centrale.

Les contributions des membres varient, suivant les sociétés, de 1 à 3 ou 4 pences par semaine.

Les indemnités sont fixées comme suit :

A la mort d'un sociétaire, survenue par accident, il est alloué à ses ayants droit un capital de 15 à 20 livres, si le défunt ne laisse pas une famille à secourir.

Dans le cas contraire, on accorde à ses héritiers une somme de 5 livres comme frais de funérailles. La veuve reçoit en outre un secours hebdomadaire de 3 à 5 shillings et chaque enfant de moins de douze ou treize ans a droit d'ordinaire à 2^{sh} 6^{d} par semaine. Cette indemnité accordée aux enfants peut même être augmentée si le défunt ne laisse pas de veuve. La veuve qui se remarie perd ses droits à la pension, mais reçoit un capital de 10 livres.

En cas d'incapacité de travail, le sociétaire blessé reçoit une indemnité hebdomadaire de 6 à 9 shillings.

Dans ces institutions de prévoyance, comme dans toutes les friendly societies, l'assuré peut disposer par « nomination » du capital qui lui est assuré en cas de mort.

Les institutions de prévoyance des ouvriers mineurs se réduisent aux deux espèces de sociétés ici étudiées. En Angleterre, pas plus qu'en Belgique et qu'en Italie, il n'existe pour les ouvriers de l'industrie extractive de caisses de retraite à proprement parler.

IV. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, au point de vue des institutions de prévoyance en général, l'Angleterre est le pays où l'association est le mieux entrée dans les mœurs, où le travailleur s'est le mieux pénétré de la maxime économique : « l'assurance est l'épargne à sa plus haute puissance ». Les statisticiens anglais prétendent que 10 millions de leurs concitoyens sont de près ou de loin intéressés aux associations ouvrières.

En ce qui concerne les ouvriers de chemins de fer, bien qu'aucune loi n'ait imposé aux compagnies l'obligation d'assurer des secours et des retraites à leurs employés, la plupart d'entre elles participent dans la même proportion que leurs agents aux caisses de retraite (superannuation funds) et aux caisses de pensions (pension fund) destinées, les premières aux officiers et aux clerks (agents commissionnés), les secondes aux agents subalternes (servants). Quelques compagnies, comme le London and North-Western, vont beaucoup plus loin. Elles consentent des versements égaux aux retenues de leurs ouvriers, pour les caisses de secours en cas de maladie et des allocations égales au 5/6 des retenues pour les caisses d'assurance en cas d'accident.

Quant aux mineurs, ils s'assurent contre la maladie par des sociétés de secours mutuels limitées à la mine; ils s'assurent contre les accidents par des associations qui s'étendent sur un district entier et qui reçoivent des exploitants des subventions équivalant au quart ou au cinquième des primes payées par les ouvriers.

Les assurances mutuelles contre les accidents seraient encouragées par de plus fortes subventions des exploitants et seraient par suite plus florissantes si la loi permettait aux patrons de couvrir leur responsabilité civile

par une large participation aux sociétés mutuelles de leurs employés.

DEUXIÈME PARTIE.

ITALIE.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES LOIS ET LES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE EN ITALIE.

Comme tous les pays qui l'environnent, l'Italie a dû s'occuper dans ces dernières années des questions ouvrières. Les deux principales lois, concernant les institutions de prévoyance votées par son Parlement, ont été la loi du 8 juillet 1883, qui a fondé une caisse nationale d'assurance contre les accidents, et la loi du 15 avril 1886 sur les sociétés de secours mutuels.

§ 1er. *Caisse nationale d'assurance.* — La responsabilité civile du patron découle, en Italie, comme chez nous, des articles du Code civil relatifs aux quasi-délits. Comme en France, le chef d'entreprise n'est tenu que de sa faute et la preuve reste à la charge de l'ouvrier.

Un projet de loi ayant pour objet d'augmenter la responsabilité du patron a été déposé à la Chambre italienne, mais il n'a pas été voté. Toutefois, parmi les jurisconsultes et les économistes italiens, il s'est produit un grand mouvement en faveur de l'extension de la responsabilité civile du chef d'entreprise.

De son côté, la commission du travail italienne est allée jusqu'à demander, à la fin de l'année dernière, qu'à l'exemple de l'Allemagne, on rendît l'assurance obligatoire en Italie.

Il se pourrait donc que prochainement la législation

sur les accidents fût complètement transformée chez nos voisins.

Sans aller aussi loin jusqu'ici, le Parlement italien a néanmoins cherché à venir en aide aux ouvriers blessés dans leur travail. La loi du 8 juillet 1883 a approuvé une convention passée entre le Ministre de l'agriculture, de l'industrie et du commerce d'une part, et de l'autre les représentants de dix des plus importantes sociétés de crédit et d'épargne du royaume, dans le but de créer une caisse nationale d'assurance destinée à secourir les ouvriers blessés dans leur travail.

Les sociétés fondatrices n'ont apporté dans cette création aucune idée de gain. Elles ont pris même à leur charge les dépenses d'administration de la caisse nationale et lui ont constitué un fonds de garantie de 1.500.000 francs.

L'État, de son côté, lui a accordé divers avantages. Il a imposé à certains bureaux de poste et aux municipalités, dans les pays où il n'existe pas de succursale de la caisse, l'obligation de faire gratuitement toutes ses opérations. De plus, il lui a fait remise des droits de timbre, d'enregistrement et d'hypothèque et donné la franchise postale.

La caisse nationale n'en constitue pas moins une personne autonome, distincte des sociétés qui l'ont fondée, et ne dépendant pas du Gouvernement.

La caisse nationale a établi trois sortes d'assurances :

L'assurance individuelle ;

L'assurance collective simple ;

L'assurance collective combinée.

Cette dernière a sur l'assurance collective simple ce grand avantage qu'elle couvre la responsabilité civile du patron entièrement pour les industries peu dangereuses, jusqu'à concurrence des 9/10 pour les autres.

C'est là une disposition d'une grande importance et qui

n'a pas peu contribué au succès de la caisse nationale. Les 5/6 des assurances faites depuis la fondation sont des assurances collectives combinées.

L'assurance ne vise que les accidents proprement dits; elle ne s'occupe nullement des maladies. Elle n'envisage que les cas suivants :

1° Mort (résultant d'accident);

2° Invalidité permanente absolue;

3° Invalidité permanente partielle;

4° Infirmité temporaire.

En cas de mort, l'indemnité consiste en un capital fixé par la police et qui ne peut dépasser 10.000 francs. En cas d'invalidité permanente absolue, l'ouvrier blessé a également droit au capital fixé par la police. S'il est frappé d'une invalidité permanente partielle, on lui paie une indemnité calculée d'après la gravité de la blessure et l'importance de la somme assurée en son nom en cas d'invalidité absolue.

Pour infirmité temporaire enfin, il a droit au secours quotidien fixé dans sa police, secours qui ne peut être attribué pendant plus de 360 jours.

En moyenne, l'indemnité assurée en cas de mort est de 1.000 francs et le secours journalier en cas d'infirmité temporaire s'élève à 1 franc.

Les primes sont proportionnées aux risques de l'industrie.

Comme les compagnies françaises d'assurance, la caisse nationale n'exige du patron qui assure ses ouvriers aucune liste de son personnel. Les primes dues par lui se calculent sur un état de journées établi d'après le livre de paie.

La caisse nationale italienne, créée après une longue étude des diverses caisses nationales de l'étranger et des compagnies industrielles d'assurance, est fort bien constituée.

Tandis que notre caisse nationale contre les accidents ne prévoit pas l'incapacité temporaire de travail, ne proportionne pas les primes aux risques de l'industrie et ne garantit pas la responsabilité civile du patron, la caisse nationale italienne répond pleinement à ces diverses exigences.

La première année, en 1884, elle assurait 1.663 ouvriers. En 1888, le nombre des assurés s'élevait à 64.366. Ces 64.366 ouvriers assurés se subdivisaient en 1.264 assurés individuellement, 4.179 soumis à l'assurance collective simple et 58.923 à l'assurance combinée.

§ 2. *Loi sur les sociétés de secours mutuels.* — Il existait depuis très longtemps en Italie un grand nombre de sociétés de secours mutuels qui s'étaient formées librement en vertu du droit d'association. Pour encourager la création de nouvelles sociétés, pour rendre les anciennes plus florissantes et pour permettre aussi au Gouvernement d'intervenir dans leur administration, la loi du 15 avril 1886 fut votée. Elle a pour titre : loi sur l'acquisition de la personnalité civile par les sociétés de secours mutuels.

Pour acquérir la personnalité civile, une société de secours mutuels doit présenter, avec pièces à l'appui, une demande de reconnaissance à la Chambre du conseil du tribunal civil. Le tribunal, après s'être assuré de l'observation des règles établies par la loi, ordonne la transcription et l'homologation des statuts, selon les conditions et les formes requises par le Code de commerce.

Les sociétés de secours mutuels reconnues en vertu de cette loi jouissent :

1° De l'exemption de l'impôt du timbre et de l'enregistrement accordée aux sociétés coopératives par le Code de commerce;

2° De l'exemption de la taxe sur les assurances et de l'impôt sur la richesse mobilière;

3° De l'assimilation aux « opere pie » en ce qui concerne le patronage gratuit et l'impôt sur les successions et transmissions par actes entre vifs;

4° De l'exemption de saisie et gage pour les subsides dus par la société à ses membres.

En revanche, les sociétés reconnues doivent transmettre au Ministre de l'agriculture, de l'industrie et du commerce, une copie de leurs statuts, leur compte-rendu annuel et des renseignements statistiques.

Malgré les avantages concédés par cette loi aux sociétés de secours mutuels reconnues, un très petit nombre de ces sociétés ont consenti à se soumettre à cette homologation. Cependant les sociétés de secours mutuels sont fort nombreuses en Italie.

A côté d'elles se sont développées d'autres institutions de prévoyance, parmi lesquelles il faut surtout citer les banques populaires, créées d'après le type des banques Schultze-Delitzsch.

Les caisses d'épargne sont aussi florissantes en Italie. Elles sont libres, non seulement au point de vue de leur constitution, mais aussi au point de vue des placements de fonds. La caisse d'épargne de Milan est de toutes la plus prospère et la plus célèbre; elle a contribué pour une forte part à la création de la caisse nationale contre les accidents.

Il existe aussi en Italie une caisse d'épargne postale, créée sur le modèle du Post office Savings Bank.

II. DES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS DE CHEMINS DE FER EN ITALIE.

En 1885, lorsque l'exploitation des quatre réseaux principaux (Haute-Italie, Romain, Méridional, Calabrais-

Sicilien) fut concédée à trois compagnies qui devaient se les partager et prendre les noms de Méditerranée, Adriatique et Sicile, le déficit des caisses de retraite et de secours des anciens réseaux était considérable. Il fallait mettre les caisses en état de faire face à leurs engagements; il fallait aussi partager leurs fonds et leurs charges dans une juste proportion, entre les compagnies nouvelles. Les conventions approuvées par la loi du 27 avril 1885 prévirent tout cela.

On y inséra un article ainsi conçu :

« Le concessionnaire aura, à l'égard des caisses de retraite, des caisses de secours, de la masse d'habillement et des autres institutions concernant le personnel, les charges qui incombaient aux administrations qu'il remplace.

« Le concessionnaire devra réorganiser les caisses de retraite et de secours et s'entendre avec les conseils d'administration des dites caisses afin de les mettre en état de répondre aux buts pour lesquels elles furent instituées.

« Il sera pourvu par les autorités compétentes aux modifications à apporter aux statuts et règlements de ces caisses ainsi qu'à la masse d'habillement. Il pourra être créé une seule caisse de retraite et une seule caisse de secours pour un réseau ou pour tous les réseaux en respectant les droits acquis par les employés en vertu des règlements actuellement en vigueur.

« Dans le même but, il sera versé chaque année, dans les caisses, une somme égale aux 2 p. 100 des augmentations des recettes brutes au-dessus de la recette initiale (*), somme qui sera prélevée sur la part des recettes brutes revenant à l'État jusqu'à ce qu'on ait atteint le

(*) Il ne sera versé que 1 p. 100 aux caisses du réseau de la Sicile.

capital nécessaire pour combler l'insuffisance des versements antérieurs au premier janvier 1885.

« En outre, à dater de l'exécution de la présente convention, la part contributive actuellement payée par l'administration des chemins de fer aux caisses de pension et de secours, sera augmentée de deux tiers (*), à la charge du concessionnaire, pour répondre à l'augmentation des primes que les employés pourront être appelés à verser aux termes des règlements et pour assurer dans l'avenir les obligations contractées par ces caisses ».

En exécution de cet article, deux commissions furent nommées pour étudier la réorganisation des caisses de retraite et de secours, et pour établir dans quelle mesure les nouveaux réseaux se partageraient les fonds et les charges des caisses préexistantes. Ces commissions ont déposé leurs rapports. Leurs projets de règlement n'ont pas encore été adoptés; mais ils deviendront bientôt définitifs.

Ils remplaceront, à bref délai, les règlements actuels moins méthodiques et sans cesse modifiés. Il ne paraît donc pas inutile d'exposer les principales lignes de ces projets qui présentent ce caractère de travaux sérieux et complets que l'on rencontre dans les nouveaux règlements italiens et qui semble résulter surtout de l'étude comparée des institutions et des lois étrangères.

§ 1er. *Caisses de retraite.* — La commission chargée d'étudier la réorganisation des caisses de retraite décida tout d'abord, pour des raisons d'égalité et de justice, que le même règlement serait appliqué sur les trois réseaux, mais que cependant chaque réseau posséderait une caisse de retraite autonome.

(*) L'augmentation sera d'un quart pour la caisse de retraite du réseau de la Sicile et des deux tiers pour la caisse de secours de cette compagnie.

Puis elle s'occupa d'établir un projet de règlement dont voici une rapide analyse.

Objet. — La caisse a pour objet d'assurer une retraite aux agents de la compagnie, à leurs veuves et à leurs enfants mineurs.

Admissions. — Devront participer à la caisse :

1° Tous les employés et agents qui font actuellement partie d'une des caisses de retraite des anciens réseaux; 2° les employés et agents qui seront nommés à un poste stable par le conseil d'administration de la compagnie avec des appointements au mois ou à l'année, pourvu qu'ils n'aient pas dépassé trente-cinq ans.

Par exception, les agents et employés qui seront commissionnés après trente-cinq ans, mais avant quarante, pourront être admis comme sociétaires, en vertu d'une décision du conseil d'administration, s'ils en font la demande dans les six mois de leur nomination. Ils devront, en plus des contributions exigées des autres sociétaires, payer un droit d'entrée égal aux 10 p. 100 de leur salaire annuel.

Dotation de la caisse :

a) Capital provenant du partage des fonds des anciennes caisses de retraite;

b) Versements des recettes brutes prévues par l'article des conventions précité;

c) Retenues ordinaires, extraordinaires et surtaxes imposées aux sociétaires;

d) Contribution de la compagnie;

e) Donations et legs;

f) Intérêts des fonds employés de la caisse;

g) Portion de la recette qui sera assignée par l'administration des chemins de fer à la caisse de retraite sur la vente des billets d'entrée dans les gares.

Retenue ordinaire : 3 p. 100 du salaire, de toutes les gratifications et indemnités de parcours, plus le dou-

zième de toute augmentation du salaire annuel à prélever dès le premier mois de l'avancement.

Retenue extraordinaire : 1,50 p. 100 sur le salaire et les gratifications;

Retenue d'un dixième du salaire annuel pour les agents qui commencent de participer à la caisse après trente-cinq ans et avant quarante. C'est un droit d'entrée qui sera versé en une fois, le jour de l'inscription sur les registres de la caisse.

Si la commission a divisé les primes en primes ordinaires de 3 p. 100 et primes extraordinaires de 1,50 p. 100 au lieu d'établir une prime unique de 4,50 p. 100, c'est par mesure administrative, pour pouvoir calculer plus facilement les droits à la retraite acquis par les anciens employés qui versaient 3 p. 100 à la caisse depuis de longues années.

Versements de la société : 5 p. 100 des salaires soumis à retenue, et une contribution égale au douzième de l'augmentation de salaire.

Droits à la retraite : Auront droit à la retraite :

1° Les sociétaires à cinquante-cinq ans d'âge et vingt-cinq ans de participation à la caisse.

2° Ceux qui, après 10 ans de service, sont dans l'incapacité de le continuer par suite d'infirmité;

3° Ceux qui, après 10 ans de service, sont congédiés, par mesure administrative, après délibération du conseil d'administration.

La durée du service, en ce qui concerne la liquidation de la pension, se calcule du jour où l'agent a été admis au sociétariat et pour tout le temps qu'auront duré les retenues sur son salaire. Une faveur est faite à diverses catégories d'agents, entre autres aux mécaniciens, chauffeurs, serre-freins, etc. Ils peuvent prendre leur retraite à 20 ans de service et 50 ans d'âge. On trouve un article semblable dans les règlements de la compagnie du Nord.

Droits des veuves et des enfants mineurs. — La veuve contre laquelle la séparation de corps n'a pas été prononcée recevra une pension au cas où :

1° Le mari a été retraité, ou a participé pendant 10 ans à la caisse de retraite :

2° Le mariage a été contracté régulièrement 3 ans avant la mort du mari ;

3° Le mariage a été contracté avant 50 ans, si le mari était célibataire, et 55 ans s'il était veuf avec des enfants mineurs.

Les enfants et les orphelins mineurs légitimes ou légitimés, mais non les adoptifs, d'un sociétaire défunt, ont droit à la pension, si :

1° Le père a été retraité ou s'il a participé pendant 10 ans à la caisse de retraite ;

2° Si le mariage a été contracté dans les conditions précitées.

Liquidation de la retraite. — Le montant de la retraite annuelle sera égal aux neuf-dixièmes du total des retenues ordinaires effectivement versées pendant toute la durée du service. La retraite ne pourra être inférieure à 300 francs, ni supérieure à 1.000 francs.

La pension de la veuve sans enfants sera fixée aux 60 p. 100 de celle qu'aurait obtenue son mari.

Si le sociétaire meurt en laissant des enfants sans mère au nombre de deux ou davantage, ils auront droit à la moitié de la pension qu'aurait eue le défunt. Un fils seul recevra le quart de la retraite due au père.

Une veuve avec enfants nés du mariage du sociétaire recevra les 60 p. 100, plus 15 p. 100 de la retraite de son mari, quel que soit le nombre des enfants.

Retraites exceptionnelles. — Ont droit à une retraite exceptionnelle :

1° Les agents blessés ou mutilés dans leur travail ;

2° Les agents qui ont contracté une maladie soit dans

les endroits que l'administration reconnaît malsains, soit par suite de fatigues extraordinaires supportées à la guerre.

Dans le cas de mort par accident, les veuves et les enfants ont aussi droit à une pension.

Déchéances. — Les sociétaires perdent leur droit à la retraite :

1° S'ils abandonnent le service par démission volontaire;

2° S'ils sont congédiés, à titre de punition, par le conseil d'administration de la compagnie.

Les veuves encourent semblable déchéance si elles se remarient; les enfants à leur majorité et même auparavant, si les jeunes gens entrent au service de la compagnie et si les jeunes filles contractent mariage.

Administration. — L'administration de la caisse de retraite est confiée :

A un administrateur de la compagnie choisi par le conseil d'administration, président;

Au chef du contentieux de la compagnie;

A neuf membres choisis par le conseil d'administration parmi les sociétaires.

§ 2. *Caisse de secours.* — La commission chargée d'étudier la réorganisation des caisses de secours mutuels des chemins de fer a conclu, elle aussi, en faveur d'un règlement uniforme pour tous les réseaux italiens et d'une caisse distincte pour chaque compagnie.

Elle a déposé un projet de règlement qui n'a pas encore été adopté, mais qui, selon toutes probabilités, le sera très prochainement.

En voici l'analyse :

Membres participants. — L'obligation d'être sociétaires est imposée à tous les membres des quatre anciennes caisses et à toutes les catégories d'agents que les compagnies désigneront.

Dotation des caisses. — 1° Retenue de 3 p. 100 sur le salaire ou la paie du sociétaire non inscrit à la caisse de retraite;

2° Retenue de toute augmentation de salaire des sociétaires désignés ci-dessus portant sur les soixante premiers jours d'avancement;

3° Retenue de 1 p. 100 sur le salaire des sociétaires qui sont en même temps inscrits à la caisse de retraite;

4° Contribution de la compagnie en faveur du personnel inscrit seulement à la caisse de secours, à raison de 3,01 p. 100 du salaire pour le réseau de la Méditerranée, de 2,94 p. 100 pour celui de l'Adriatique et de 2,52 pour celui de la Sicile;

5° Montant des amendes de tout le personnel de l'administration;

6° De la vente des objets abandonnés et trouvés sur le réseau;

7° De la vente des tarifs, horaires et feuilles d'expédition;

8° Montant des sommes à la disposition du public et prescrites;

9° Montant des excédents de caisse dans les stations;

10° Produit des fonds placés;

11° Legs, donations, etc...

Service médical. — Le service médical sera à la charge de la Société de secours mutuels.

Elle supportera aussi les dépenses suivantes :

a) Pour les sociétaires, même ceux qui sont inscrits à la caisse de retraite :

1° Le traitement médico-chirurgical;

2° Le remboursement des médicaments;

3° Les dépenses dans les hôpitaux et les stations balnéaires;

4° Les frais de funérailles.

b) Pour tout le personnel, même celui qui ne participe pas à la caisse de secours :

1° La fourniture des fébrifuges dans des cas déterminés de malaria;

2° La fourniture et l'entretien des appareils chirurgicaux et autres semblables. Cette fourniture et cet entretien seront limités aux cas de blessures contractées dans le service pour les agents qui ne sont pas inscrits à la caisse de secours;

3° La conservation des appareils de sauvetage et l'entretien des cantines de secours.

Secours en cas de maladie aux sociétaires inscrits seulement à la caisse de secours. — Le secours ordinaire de maladie sera accordé à l'agent lorsqu'il cessera de recevoir son traitement de la compagnie; il s'élèvera aux deux tiers de la paie journalière.

Dans le cas de blessure contractée au service et dans d'autres cas extraordinaires, le conseil de la société aura la faculté d'augmenter le secours ordinaire; mais cette allocation ne pourra, en aucun cas, être supérieure à la paie de l'agent.

Les trois premiers jours de maladie ne donneront pas droit au secours, à moins que les agents n'aient été recueillis dans les hôpitaux, c'est-à-dire dans le cas de blessures contractées au service ou de fièvres paludéennes.

Dans le cours d'une année, du 1er janvier au 31 décembre, les agents ne pourront recevoir le secours ordinaire de maladie pendant plus de 90 jours. Passé cette période, il appartiendra au conseil de la société de prolonger le secours et d'en fixer le montant et la durée.

Secours aux sociétaires inscrits seulement à cette caisse en cas d'incapacité de travail. — Les agents frappés d'incapacité de travail, après avoir atteint 55 ans d'âge et 20 ans de participation, recevront une rente perpétuelle cal-

culée à raison de 1/50 de la paie moyenne des trois dernières années pour chaque année de participation. Ce secours ne pourra être inférieur à 80 centimes ni supérieur à 2^{f},50 par jour.

Les employés frappés d'incapacité de travail, avant d'avoir atteint la limite d'âge et de participation fixée ci-dessus, auront droit à un capital calculé à raison de 1/20 du salaire moyen des trois dernières années pour chaque année de participation.

Si l'incapacité résulte d'un accident du travail, le secours sera augmenté d'un quart.

Secours à la famille des sociétaires inscrits uniquement à la caisse de secours. — La veuve, les enfants mineurs de 18 ans et les ascendants qui étaient à la charge de l'agent recevront à sa mort :

a) Un capital égal à autant de vingtièmes de sa paie annuelle calculée d'après la moyenne des trois dernières années qu'il compte d'années de sociétariat, quand l'agent sera mort en activité de service, qu'il ait ou non atteint les limites d'âge et de participation exigées pour obtenir un secours perpétuel ;

b) Un capital fixé d'après la règle sus-indiquée, *déduction* faite des secours déjà fournis à l'agent, quand celui-ci sera mort après avoir déjà reçu le secours perpétuel ;

c) Un capital égal à trois mois de secours perpétuel si l'agent ayant atteint les limites d'âge et de participation fixées pour donner ouverture au droit de secours perpétuel, est mort en activité de service ou après avoir été déchargé de son service. Cette indemnité viendra s'ajouter aux autres secours dus à la famille et elle n'entrera pas en ligne de compte dans l'établissement du maximum de secours calculé d'après les prescriptions des littera *a* et *b*.

Secours exceptionnels pour blessures contractées au service.

— Quand la cessation de service ou la mort seront le résultat de blessures reçues dans l'exercice des fonctions, les secours de tous genres auxquels l'agent ou sa famille auront droit, en vertu des précédents articles, seront augmentés d'un quart.

Au lieu d'une pension viagère, l'agent pourra recevoir sur sa demande un capital.

Secours aux agents inscrits à la caisse de secours et à la caisse de retraite et à leur famille. — Quand un sociétaire inscrit à la caisse de retraite recevra de cette caisse une pension viagère inférieure à 365 francs par an, la caisse de secours aura la charge de compléter cette somme.

Si le sociétaire inscrit à la caisse de retraite meurt en activité de service, la caisse de secours accordera les sommes suivantes à sa famille :

Un mois de paie de l'agent s'il comptait moins de 10 ans de sociétariat;

Deux mois s'il comptait de 10 à 20 ans;

Trois mois s'il comptait plus de 20 ans.

Ces règlements, qui prévoient toutes les infortunes qui peuvent frapper les ouvriers de chemins de fer, n'ont pas encore été appliqués. Le partage des fonds des caisses des anciens réseaux n'a pas encore été effectué entre les nouvelles compagnies, et actuellement tout employé des nouveaux réseaux est considéré comme appartenant pour la prévoyance aux caisses des anciennes lignes.

Les dernières statistiques publiées par le ministère des travaux publics italien donnent les renseignements suivants sur l'état actuel des institutions de prévoyance des ouvriers de chemins de fer pour les trois principaux réseaux et les lignes de Sardaigne.

ITALIE. — SITUATION AU 31 DÉ

DES OUVR

Caiss

RÉSEAUX DE LA MÉDITERRANÉE de L'ADRIATIQUE ET DE LA SICILE		LONGUEUR du réseau au 31 décembre 1887	SITUATION financière au 1er janvier 1887	RECETTES DE L'… Contribution des membres participants
Personnel de l'ancien réseau.	Haute-Italie	kilomètres 10.047	37.874.638,90	1.669.920,11
Idem.	Romain		7.929.672,51	329.195,84
Idem.	Méridional		5.652.682,07	308.392,76
Personnel de l'ancien réseau Calabrais-Sicilien compris dans les réseaux	Méditerranée		605.167,31	48.089,75
	Adriatique		125.662,51	8.434,30
	Sicile		882.303,15	49.304,50
Totaux		10.047	53.070.126,45	2.413.336,46
Réseau sarde		414	105.563,00	10.426,00

Caiss

SITUATION

RÉSEAUX DE LA MÉDITERRANÉE de L'ADRIATIQUE ET DE LA SICILE		LONGUEUR des réseaux	SITUATION financière au 1er janvier 1887	RECETTES DE L'… Contribution des sociétaires
Personnel de l'ancien réseau.	Haute-Italie	kilomètres 9.380	1.949.639,80	380.322,03
Idem.	Romain		1,483.461,65	176.669,14
Idem.	Méridional		1.011.501,43	112.973,81
Idem.	Calabrais		19.491,26	30.278,00
Réseau de la Sicile		667	43.683,10	30.182,16
Totaux		10.047	4.507.777,24	730.425,14
Réseau sarde		414	134.306,00	15.161,00

1887 DES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE

CHEMINS DE FER.

Retraite.

RECETTES DE L'EXERCICE			DÉPENSES DE L'EXERCICE			SITUATION financière au 31 décembre 1887	NOMBRE des sociétaires	NOMBRE des pensionnés ou secourus
Produits de l'emploi des fonds	Produits divers	Total des recettes	Pensions ou secours	Dépenses diverses	Total			
1.331.795,98	67.943,67	5.438.593,64	1.898.831,44	81.898.42	1.980.729,86	41.332.502,68	25.891	3.798
124.788,11	60,442,03	1.153.184,44	408.976,43	8.948,39	417.924,82	8.664.932,13	3.460	536
294.931,76	20.752,30	976.944,78	64.906,08	5.795,85	70.701,93	6.558.924,92	4.198	265
28.453,27	6.596,07	134.506,61	2.155,92	»	2.155,92	737.718,00	637	4
5.527,41	151.77	23.965,65	»	101,58	101,58	149.526,58	85	»
22.916.18	4.355,68	151.419,88	1.654,49	1.717,58	8.372,07	1.025.350,96	889	4
2.708.412,71	160.241,52	7.878.615,00	2.381.524,36	98.461,82	2.479.986,18	58.468 755,27	35.160	4.607
5.657,00	6,00	6.299,00	4.587,00	»	4.587,00	127.275,00	181	15

Secours.

DÉCEMBRE 1887.

RECETTES DE L'EXERCICE			DÉPENSES DE L'EXERCICE			SITUATION financière au 31 décembre 1887	NOMBRE des sociétaires	NOMBRE des pensionnés ou secourus
Produit de l'emploi des fonds	Produits divers	Total des recettes	Pensions ou secours	Dépenses diverses	Total des dépenses			
82.708,05	379.441,74	1.093.702,10	452.114.15	64.274,25	516.388,40	2.526.953,50	31.030	6.303
79.376,91	164.769,82	565.916,27	380.776,49	5,20	380.781,69	1.668,596.23	7.428	4.096
53.124,43	210.630,63	564.004,20	178.425,66	41.336,73	219.762,39	1.355.743,24	10.003	5.157
434,00	11.375,91	81.503,44	36.345,80	26.940,69	63.286,49	37.708,21	2.301	1.375
»	4.673,09	83.542,65	40.661,57	22.254,92	62.916,49	64.309,26	2.669	2
214.643,39		2.388.668,66	1.088.323,67	454.811,79	1.243.135,46	5.653.310,44	53.431	16.933
6.566,00	3.071,00	39.959,00	10.604,00	»	10.604,00	163.661,00	692	367

III. INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS MINEURS EN ITALIE.

Aucune loi italienne n'oblige les exploitants des mines à établir des caisses de retraite et de secours. Mais dans les provinces vénitiennes, où certaines lois autrichiennes sont encore en vigueur, une loi du 24 mai 1854 ordonne aux compagnies exploitantes d'entretenir des institutions de prévoyance pour les ouvriers mineurs.

Les mines de la Vénétie sont peu nombreuses et peu importantes. On peut toutefois citer les mines d'Agordo exploitées par le Domaine et qui possèdent des caisses de prévoyance, conformément à l'ancienne loi autrichienne.

Si aucun texte italien ne porte obligation pour les exploitants de mines de créer des caisses de retraite ou de secours, le code civil italien, comme le nôtre, comme les lois anglaises, consacre la responsabilité civile du patron lorsque les ouvriers sont blessés dans leur travail par la faute du chef d'entreprise.

Pour se mettre à l'abri d'un tel risque, les compagnies de mines ont usé largement, dans ces dernières années, des avantages qu'accorde à tout patron l'assurance collective combinée, contractée à la caisse nationale.

Au 30 juin 1887, sur 37.586 ouvriers assurés à cette caisse, on comptait 10.210 mineurs ou carriers, plus du quart. Ces 10.210 ouvriers se subdivisaient ainsi : 8.910 employés aux mines de soufre, 785 aux mines de métaux, 36 aux mines de combustibles, 479 aux carrières de pierre ou de marbre.

L'accident de la mine de soufre de Virdilio, en Sicile, n'a pas peu contribué à engager les compagnies exploitantes à s'assurer à la caisse nationale. Le 10 juin 1886, 68 ouvriers furent tués et 18 blessés par un éboulement. Dans cette triste circonstance, la caisse nationale paya

environ 60.000 francs d'indemnités aux familles des morts et aux blessés.

A côté de la caisse nationale d'assurance et de nombreuses sociétés de secours mutuels, il existe, en Italie, dans les mines, des institutions de prévoyance dues à l'initiative des patrons.

En Sardaigne, on trouve des caisses de secours aux mines de Montevecchio, Montesanto, Lamisei, Margarai, Malfidano, Gennamari, Ingurtosu, Vieille-Montagne, Nouvelle-Arborèse, etc. En général, la caisse est administrée exclusivement par la compagnie. Elle est alimentée par les amendes et une retenue sur les salaires qui varie de 3 à 4 p. 100.

Les sociétaires reçoivent des soins gratuits en cas de maladie et ont droit à une pension en cas d'incapacité de travail. Si le sociétaire meurt d'un accident de travail, la veuve et les orphelins sont secourus.

En Romagne, le système est le même; mais la retenue est un peu moindre. Elle varie entre 2 et 3 p. 100 du salaire. Les ouvriers participent à l'administration. Ceux qui sont frappés d'une incapacité de travail ont droit à une pension mensuelle de 15 à 30 francs par mois. Les veuves peuvent obtenir 15 francs par mois, les orphelins de 5 à 10 francs.

En Toscane, on peut citer les institutions de la Société Larderel. C'est la Société elle-même qui pourvoit aux frais de maladie et qui secourt les ouvriers incapables de travail. Elle vient de plus en aide aux ouvrières qui accouchent et fournit même un petit pécule aux ouvriers appelés sous les drapeaux.

IV. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, à part la loi autrichienne régissant les provinces vénitiennes, il n'existe en Italie aucune loi obligeant les concessionnaires de mines à établir pour leurs ouvriers des institutions de prévoyance. Les exploitants ont donc surtout songé à garantir leur responsabilité civile. Et, comme la caisse nationale d'assurance leur offrait de grands avantages, ils n'ont pas tardé à s'y adresser.

Pour les chemins de fer, au contraire, on a considéré comme très naturelle l'intervention des pouvoirs publics dans les rapports des compagnies avec leurs agents. Les commissions chargées de dresser des projets de règlement pour les caisses de retraite et de secours ont tracé un modèle d'institutions fort complètes et très favorables aux employés.

Le projet de règlement des caisses de retraite renferme pour les agents des chemins de fer divers avantages que ne comportent pas tous les statuts des caisses de nos compagnies françaises.

Il y est accordé, par exemple, des retraites exceptionnelles pour l'employé blessé ou mutilé dans son travail ou ayant contracté une maladie dans les stations malsaines ; il y est alloué des pensions aux enfants de l'agent décédé, et, dans certains cas, des pensions aux sociétaires après dix ans de service.

En revanche, les caisses de retraite des chemins de fer italiens seront alimentées par des dotations dont ne jouissent pas les caisses de prévoyance de nos compagnies : en premier lieu, un subside de l'État assez important ; en second lieu, une partie du produit résultant de la vente des billets d'entrée dans les gares, recette qui,

sans être considérable, contribue néanmoins à alléger un peu les charges des compagnies.

Une institution de prévoyance pour les ouvriers de chemins de fer, qui est plus florissante en Italie, comme en Belgique, comme en Angleterre, qu'en France, c'est la caisse de secours. Elle vient particulièrement en aide aux sociétaires les plus humbles, qui ne peuvent être inscrits à la caisse de retraite, leur accorde des indemnités en cas de maladie, une pension en cas d'incapacité de travail dans certaines circonstances déterminées. Elle secourt même la veuve et les enfants de l'agent décédé.

TROISIÈME PARTIE

BELGIQUE.

I. GÉNÉRALITÉS SUR LES LOIS ET LES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE.

§ 1er. *Sociétés de secours mutuels.* — L'article 20 de la constitution belge du 7 février 1831 est ainsi conçu :

« *Les Belges* ont le droit de s'associer ; ce droit ne peut être soumis à aucune mesure préventive. »

Malgré le ton formel de cette déclaration, les associations non reconnues par la loi ne possèdent pas, en Belgique, la personnalité civile. Il en résulte qu'elles n'ont pas de droit propre ; qu'elles ne peuvent ni contracter, ni acquérir à titre gratuit soit directement, soit indirectement par personne interposée (articles 902 et 911 du Code civil) ; qu'elles ne peuvent pas ester en justice, soit en demandant, soit en défendant. En un mot, les associations non reconnues par la loi n'existent pas comme sujets de droit. La loi du 3 avril 1851 a eu pour objet de donner aux sociétés de secours mutuels qui consenti-

raient à se faire reconnaître, la personnalité civile et divers avantages que ne possèdent pas les autres associations.

Elle leur a accordé :

1° L'exemption des droits de timbre et d'enregistrement; la délivrance gratuite, avec exemption des mêmes droits, de tous certificats, actes de notoriété, d'autorisation ou de révocation et autres dont la production devra être faite par les sociétaires en cette qualité ;

2° Le droit d'ester en justice à la poursuite et diligence de leur administration et l'exemption des frais de procédure ;

3° La faculté de recevoir des donations ou legs d'objets mobiliers moyennant l'accomplissement des formalités prescrites par la loi communale.

En retour, la loi de 1851 a imposé plusieurs obligations aux sociétés de secours mutuels reconnues.

Elle leur a interdit de garantir des pensions viagères, mais en leur permettant toutefois de placer au nom de leurs membres des fonds dans la caisse d'épargne et de retraite.

Elle leur a imposé l'obligation d'adresser, chaque année, à l'administration communale du lieu où elles ont leur siège, un compte de leurs recettes et de leurs dépenses pendant l'exercice écoulé et de répondre à toutes les demandes de renseignements émanant de l'autorité.

§ 2. *Caisse générale d'épargne et de retraite.* — La caisse générale d'épargne et de retraite est une institution nationale de prévoyance garantie par l'État. Elle comprend deux services distincts : celui de la caisse d'épargne et celui de la caisse de retraite.

La caisse générale d'épargne et de retraite a sa personnalité propre. Elle est la création de l'État qui lui octroie son patronage ; mais ses deniers ne sont pas

confondus avec ceux de l'État. Ses capitaux et ses revenus sont la propriété de l'œuvre et vont intégralement aux déposants.

Service de la caisse d'épargne. — La caisse d'épargne n'étant pas une institution de prévoyance à proprement parler, il paraît inutile d'en parler ici longuement. Il est bon de noter cependant que, pour augmenter le nombre des succursales, un arrêté royal, du 10 décembre 1869, a autorisé le ministre des travaux publics à faire concourir les bureaux de poste aux opérations de la caisse d'épargne. La fixation du taux de l'intérêt a été abandonnée à l'administration de la caisse.

Service de la caisse de retraite. — La caisse de retraite est spécialement fondée en vue de procurer aux personnes peu favorisées de la fortune, le moyen d'acquérir des rentes viagères. Cette institution, garantie par l'État, est placée sous la même administration que la caisse d'épargne.

Les rentes afférentes à chaque versement s'acquièrent d'après des tarifs réglés par l'arrêté royal du 21 juin 1868. Le minimum des versements est de 10 francs, celui des rentes de 12 francs. Le maximum des rentes accumulées peut s'élever à 1.200 francs.

Les rentes sont incessibles et insaisissables.

Néanmoins, dans les cas prévus par les articles 203, 205 et 214 du Code civil, relatifs aux pensions alimentaires, si les rentes accumulées dépassent 360 francs, elles peuvent être saisies jusqu'à concurrence d'un tiers, sans que la partie réservée puisse jamais être inférieure à cette somme.

§ 3. *Responsabilité des accidents dont les ouvriers sont victimes dans leur travail.* — Sur la responsabilité des accidents, la Belgique n'a pas de législation spéciale. Comme chez nous actuellement, la matière est régie par

le Code civil. Mais, tandis qu'en France la doctrine est à peu près d'accord et la jurisprudence unanime pour déduire la responsabilité du patron des articles 1382 et suivants concernant les quasi-délits, en Belgique depuis 1884 on constate dans la doctrine et parfois même dans la jurisprudence une tendance à faire découler les droits de l'ouvrier blessé dans son travail, du contrat de louage d'ouvrage. C'est ce que l'on a appelé le système de la faute contractuelle ou du renversement de la preuve.

Ce système, exposé pour la première fois en France, en 1883, par M. Marc Sauzet, a été brillamment soutenu en Belgique, dès 1884, par un ancien ministre, M. Sainctelette.

D'après ces jurisconsultes, le contrat de louage de service met à la charge du patron l'obligation de prendre toutes les mesures propres à sauvegarder la santé et la vie de ses ouvriers : « Le patron doit, à chaque instant, pouvoir restituer l'ouvrier, le rendre à lui-même, valide, comme il l'a reçu » (*).

Par suite, c'est au patron de prouver qu'il est libéré de cette obligation. L'article 1315 du Code civil porte, en effet, dans son deuxième alinéa : « Celui qui se prétend libéré doit justifier le paiement ou le fait qui a produit l'extinction de son obligation ».

Il résulte de ce principe de la faute contractuelle qu'en cas d'accident, c'est au chef d'entreprise de prouver la faute, la négligence et l'imprudence de l'ouvrier.

II. INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS DE CHEMINS DE FER.

Les employés des chemins de fer de l'État, de beaucoup les plus nombreux, sont assurés contre les mala-

(*) M. Marc Sauzet.

dies, les accidents et l'invalidité par une institution fort complète : la caisse des ouvriers de chemins de fer.

Cette caisse a été instituée et réglementée par arrêtés royaux, en dehors de toute intervention de la législature. Il est donc douteux qu'elle jouisse d'une personnalité propre.

Elle dépend du ministère des travaux publics et est administrée par une commission de dix membres nommée par le ministre.

L'institution a pour but, d'après l'article premier : 1° d'allouer des secours temporaires aux associés et ouvriers provisoires en cas d'incapacité de travail momentanée; 2° de leur assurer gratuitement les frais de traitement comprenant : médecin, médicaments, etc.; 3° d'allouer des secours annuels : *a*) aux ouvriers provisoires, en cas d'infirmités permanentes; *b*) aux associés, aux veuves, aux orphelins, aux père et mère des associés, lorsqu'ils n'ont pas droit à la pension; 4° de couvrir les frais de funérailles des sociétaires et ouvriers provisoires décédés; 5° d'accorder une pension aux associés en cas d'infirmités permanentes; 6° d'allouer des pensions aux veuves et orphelins, père et mère des associés; 7° de faire traiter gratuitement, par les médecins agréés, les pensionnaires en général, ainsi que toutes personnes en jouissance d'un secours annuel.

Sont considérés comme associés, et comme tels admis à profiter de tous les avantages de la caisse, les agents de l'administration payés sur état de salaires et immatriculés (art. 2).

Ne peuvent être immatriculés que les candidats reconnus aptes et valides et qui, sauf les exceptions à admettre par le Ministre, ne dépassent pas l'âge de 35 ans pour les hommes de métier et 30 ans pour les autres catégories d'ouvriers (art. 3 modifié).

Les ouvriers provisoires ne participent qu'aux secours (art. 4).

La caisse est alimentée par :

1° Une retenue fixée comme suit : 3 p. 100 sur les salaires de 2f,40 et au-dessous, 4 p. 100 sur les salaires supérieurs; 2° le montant des retenues : *a*) pour toute mesure disciplinaire jusqu'à concurrence d'un mois au plus; *b*) pour tout congé jusqu'à concurrence d'un mois au plus; *c*) pour toute absence quelconque jusqu'à concurrence de la moitié du salaire pendant un mois au plus, lorsque l'agent n'a pas été remplacé; 3° de subsides du gouvernement; 4° de donations, legs et dons de particuliers; 5° de produits divers; 6° des intérêts des capitaux placés au nom de la caisse (art. 45).

Des secours. — La caisse alloue des secours temporaires et des secours annuels. Les secours temporaires consistent :

1° Dans le traitement médical des associés et ouvriers provisoires; 2° en dons pécuniaires aux mêmes, en cas de maladie entraînant incapacité de travail; 3° en dons pécuniaires aux ouvriers blessés au service ou devenus malades par suite de travail forcé, à condition qu'ils soient remplacés par d'autres agents, sinon ils sont maintenus sur les états de salaire; 4° en une indemnité de 30 francs, qui peut être exceptionnellement majorée, à la famille de l'ouvrier décédé, pour frais de funérailles (art. 56); 5° en deux allocations de 25 à 100 francs à diverses catégories d'intéressés qui n'ont pas droit au secours annuel.

Il peut être accordé des secours annuels : 1° à tout associé ou ouvrier provisoire rendu impropre au service par suite d'infirmités et qui a contribué à la caisse pendant cinq années au moins; 2° à l'ouvrier provisoire et à l'apprenti incapables de travailler par suite d'accidents du travail; 3° à la femme de l'associé ou de l'ouvrier pro-

visoire décédé ou condamné qui comptait cinq années de participation lors des circonstances qui donnent ouverture au droit à la pension; 4° à la veuve de l'ouvrier provisoire victime d'un accident arrivé pendant le service; 5° en cas de prédécès de la femme, aux orphelins de l'associé ou de l'ouvrier provisoire, à ses père et mère lorsqu'ils étaient exclusivement à sa charge, ainsi qu'à l'enfant infirme, même âgé de plus de 13 ans, à condition que le défunt ait eu cinq ans de participation ou qu'il ait péri victime d'un accident du travail; 6° aux enfants en cas de décès ou de condamnation d'une veuve secourue.

Pensions. — Ont seuls droit à la pension : 1° les associés invalides qui ont participé à la caisse pendant 10 ans révolus; 2° les associés dont l'invalidité a pour cause un accident de travail; 3° les associés âgés de 60 ans, mis à la retraite parce que, sans être atteints d'infirmité permanente, ils n'ont plus la validité nécessaire pour exécuter leur service avec vigilance. Les pensions des associés sont liquidées comme suit : 20 p. 100 du salaire moyen des trois dernières années pour les dix premières années de contribution et 1 1/2 p. 100 pour chaque année de contribution au delà de dix, sans que la pension puisse excéder 50 p. 100 du salaire moyen des trois dernières années, ni dépasser une somme annuelle de 2.500 francs, sauf le cas où l'associé a donné, lors de l'accident, des preuves d'un courage et d'un dévouement extraordinaires, auquel cas la pension peut atteindre 60 p. 100 du salaire et la somme de 2.750 francs.

Le minimum des pensions est fixé à 180 francs.

Droits de la veuve et des enfants. — La veuve d'un associé a droit à une pension dans deux cas :

1° Si le défunt a contribué à la caisse pendant 15 ans et si le mariage a duré pendant 5 ans révolus;

2° Si le mari a péri à la suite d'un accident du travail

et sans qu'il ait repris le service pendant trois mois consécutifs.

La pension de la veuve s'établit à raison de 20 p. 100 du salaire pour les quinze premières années de participation et 1 p. 100 pour les années suivantes.

Pour chaque enfant âgé de moins de 13 ans ou de plus de 13 ans, s'il est infirme, pour le père et la mère de l'associé , la caisse accorde un accroissement de 2 p. 100 du salaire moyen des trois dernières années, sans toutefois que le total puisse excéder 10 p. 100.

Les orphelins de moins de 13 ans touchent des pensions fixées comme suit :

A un orphelin unique, la caisse donne les 3/5 de la pension dont la mère jouissait ou à laquelle elle aurait eu droit;

A deux orphelins, les 4/5 de la même pension;

A trois orphelins, la totalité de cette pension.

Pour chaque orphelin au delà de trois, cette pension s'accroît de 2 p. 100 du salaire moyen des trois dernières années sans que cet accroissement puisse excéder 10 p. 100 du salaire (art. 108).

L'article 111 du règlement est ainsi conçu :

« L'associé ou l'ouvrier provisoire congédié pour inconduite ou tout autre motif, ainsi que celui qui volontairement quitte le service, perd tout droit pour lui ou sa famille aux avantages de la caisse.

« Il ne lui est pas fait restitution du montant des retenues qu'il a subies, mais il recouvre tous ses droits s'il rentre au service dans les trois ans. »

Cet article a été vivement attaqué en Belgique, comme l'ont été ces dernières années en France, les règlements des caisses de retraite des agents commissionnés qui portaient des dispositions semblables.

Dans la pratique, il y est apporté un tempérament par l'arrêté organique du 1er mars 1852, ainsi conçu :

« En cas de renvoi d'agréés ou d'ouvriers définitifs, par suite de cessation de travaux ou d'inutilité, il leur est alloué pour leur fournir les moyens de se pourvoir ailleurs : A) aux agréés et ouvriers ayant de six mois à un an de service, quinze jours de salaire; B) aux agréés et ouvriers ayant deux ans de service, deux quinzaines; C) aux agréés et ouvriers ayant au delà de deux ans de service, trois quinzaines.

III. INSTITUTION DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS MINEURS.

La loi du 28 mars 1868 sur les caisses de prévoyance des ouvriers mineurs a eu pour objet de leur donner une existence légale et de les faire jouir des avantages concédés aux sociétés de secours mutuels.

D'après l'article 1er de cette loi, les caisses de prévoyance ont pour but d'accorder, dans les conditions et dans les limites à déterminer par leurs statuts, des pensions et secours incessibles et insaisissables :

1° Aux ouvriers employés à l'exploitation des mines, des minières, des carrières et des usines admises dans l'association;

2° Aux veuves de ces ouvriers et à leurs familles.

Aux termes de l'article 3, les caisses de prévoyance reconnues jouissent des avantages suivants :

1° Faculté d'ester en justice à la poursuite et diligence de leur administration; exemption des frais de procédure;

2° Remise des droits de timbre et d'enregistrement pour tous actes passés au nom de ces caisses ou en leur faveur, pour tous certificats, actes de notoriété ou autres, dont la production devra être faite pour le service de ces caisses;

3° Faculté de recevoir des donations ou des legs d'objets mobiliers.

En conformité de la loi, les obligations suivantes ont été imposées aux caisses des ouvriers mineurs par un arrêté royal du 17 août 1874.

Article 1er. — Les statuts des caisses de prévoyance, en faveur des ouvriers mineurs, doivent mentionner :

1° L'objet ou les objets en vue desquels l'association est établie;

2° Les conditions et le mode d'admission dans l'association, des établissements de mines, minières, carrières et usines situés dans la circonscription pour laquelle elle est formée;

3° Le taux des cotisations à verser dans la caisse commune, les époques de l'exigibilité, les formes de la perception et le mode de placement des fonds disponibles;

4° Les droits aux pensions et secours;

5° Le mode d'élection et la composition de la commission administrative;

6° Le mode de règlement des comptes.

Article 2. — Il ne sera perçu ni des établissements, ni des ouvriers qu'ils emploient, au profit de la caisse commune de prévoyance, aucune contribution au delà du taux fixé par les statuts, et il ne sera fait aucun emploi des deniers communs en dehors des cas prévus dans ces mêmes statuts.

De plus, en vertu du même arrêté, l'administration de chaque caisse doit adresser à la députation permanente du conseil de la province où elle a son siège un compte de ses recettes et de ses dépenses pendant l'exercice écoulé.

L'approbation donnée par arrêté royal aux caisses de prévoyance peut être révoquée.

Une commission permanente des caisses de prévoyance

des ouvriers mineurs, nommée par le roi, est instituée auprès du Ministère des travaux publics.

Les institutions de prévoyance des ouvriers mineurs existent depuis longtemps en Belgique.

Dès 1838, à la suite de la catastrophe de la mine de l'Espérance, le Ministère des travaux publics avait encouragé les exploitants de mines à créer des caisses de secours et de retraite pour leurs ouvriers.

En 1840, le Gouvernement allait plus loin. Sans prendre l'avis de la législature, il s'efforçait d'améliorer le sort des ouvriers des mines. Il insérait, dans le cahier des charges pour les concessions de mines, un article 12 qui ne peut avoir force de loi, puisqu'il n'a pas été voté par le Parlement, mais qui, en fait, a été, depuis cette époque, respecté par la plupart des concessionnaires. D'après cet article 12, chaque exploitant devra participer à une caisse de prévoyance commune à toutes les concessions d'une même province et destinée seulement à fournir des secours permanents. Il y est dit, en outre, que les statuts de chaque caisse commune mettront les exploitants affiliés dans l'obligation de posséder une caisse particulière de secours pour les infortunes temporaires.

Il existe donc, dans les mines, deux caisses : 1° les caisses communes de prévoyance destinées à accorder non pas des retraites pour la vieillesse, mais, en cas d'accidents graves, des pensions viagères aux ouvriers atteints d'incapacité de travail, des secours aux veuves, aux ascendants des ouvriers décédés, des pensions temporaires aux orphelins en bas âge et des secours aux ouvriers âgés ou infirmes ; 2° les caisses particulières de secours destinées à venir en aide aux infortunes passagères.

Malgré un caractère d'uniformité dans leurs principes essentiels, les statuts de ces caisses présentent entre

eux des différences qui tiennent, le plus souvent, à des circonstances locales.

Dans toutes les caisses de prévoyance, les patrons versent une somme égale au montant des retenues prélevées sur le salaire des ouvriers. Dans toutes (sauf les caisses du Luxembourg, de Namur et de Liège), le produit des versements réunis des exploitants et des ouvriers est de 1 1/2 p. 100 du montant des salaires, taux maintenu depuis plusieurs années. Ce taux n'est que de 1 p. 100 pour la caisse du Luxembourg, où les accidents graves sont rares et où les dépenses de la caisse commune sont plus limitées.

L'assemblée générale des exploitants de mines et de minières de la province de Namur a voté, dans sa réunion du 31 août 1871, l'adoption d'un nouveau mode de retenues pour la part à fournir par les ouvriers. Au lieu d'établir les retenues d'après une base rigoureusement proportionnelle au montant des salaires, l'assemblée lui a substitué le paiement d'une somme fixe de 6 francs par an et par ouvrier, payable par trimestre, quel que soit le nombre des journées de l'ouvrier pendant ces trois mois. Le tarif de secours en cas d'accident est uniforme comme les retenues.

Les cotisations des ouvriers et des patrons sont si faibles que les caisses communes de prévoyance n'ont jamais donné de résultats bien satisfaisants. Déjà, en 1871, M. d'Andrimont déclarait que les mineurs invalides étaient réduits à la mendicité.

La situation est pire aujourd'hui peut-être. Sous la menace d'une véritable faillite, plusieurs commissions administratives ont dû décréter la réduction des pensions servies aux travailleurs (*).

(*) L'arrêté royal du 17 avril 1884, qui réglemente ces caisses, autorise, en cas de dissolution, la réduction des pensions et secours proportionnellement aux ressources.

Voici, à titre de document, la plus ancienne et la plus récente statistique des caisses de prévoyance des ouvriers mineurs belges :

CAISSES DE PRÉVOYANCE DES OUVRIERS MINEURS.

	CENTRE	CHARLEROI	LIÉGE	LUXEMBOURG	MONS	NAMUR	TOTAL
Année 1845.							
Ouvriers affiliés	4.300	»	»	»	18.093	»	22.393
Recettes	25.026	60.457	59.262	3.480	112.742	7.638	268.605
Dépenses	17.625	26.397	34.967	466	80.059	8.263	167.777
Charges	19.092	16.671	38.937	»	37.731	7.328	119.793
Avoir	53.246	146.540	257.878	8.294	211.881	15.391	693.230
Année 1886.							
Ouvriers affiliés	13.882	33.513	23.866	741	26.331	2.027	100.360
RECETTES. Retenues sur salaire	87.778	»	»	2.789	139.815	13.766	244.147
RECETTES. Cotisations des exploitants	87.778	387.650	356.003	2.789	195.209	13.765	1.043.195
RECETTES. Subventions de l'État	6.185	13.558	11.489	297	11.442	1.387	44.358
RECETTES. Subventions des provinces	1.212	2.777	3.000	250	2.011	550	9.800
RECETTES. Autres	161.034	60.299	75.369	1.134	93.623	14.700	406.158
RECETTES. Total	343.987	464.284	445.862	7.258	442.100	44.168	1.747.659
DÉPENSES. Pensions	241.274	349.903	247.943	8.129	466.452	28.475	1.342.176
DÉPENSES. Secours	1.357	146.096	280.414	385	»	30.355	458.607
DÉPENSES. Frais d'administration	2.662	15.812	9.406	455	17.005	2.249	47.589
DÉPENSES. Total	245.293	511.811	537.763	8.969	483.457	61.079	1.848.372
Charges	248.340	449.553	550.258	8.545	456.152	56.603	1.769.451
Avoir	922.916	1.247.591	1.655.829	29.155	1.895.682	334.076	6.085.249

IV. RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, la Belgique a été l'une des premières parmi les nations qui se sont préoccupées des institutions ouvrières. Sa loi sur les sociétés de secours mutuels date de 1851, et son cahier des charges, qui porte obligation pour les exploitants des mines de créer des caisses de prévoyance, a été adopté en 1840.

Les ouvriers des chemins de fer de l'État sont assurés contre tous les risques par une caisse fort bien comprise. Quant aux ouvriers mineurs, ils reçoivent des indemnités

des caisses particulières en cas de maladie ou d'infirmité temporaire ; ils sont secourus par les caisses communes de prévoyance lorsque l'infirmité est plus grave.

Ces caisses communes de prévoyance sont loin d'être florissantes. Les retenues sur le salaire des ouvriers et les allocations égales des patrons étant insuffisantes, les conseils d'administration ont dû, à diverses reprises, diminuer les pensions et les secours.

Il existe toutefois un bon côté dans ces institutions. C'est la division en caisses particulières et en caisses communes, qui viennent l'une ou l'autre en aide à l'ouvrier, suivant l'importance du malheur éprouvé. Ces deux caisses rappellent les deux espèces de sociétés amicales habituelles aux mineurs anglais : la caisse de maladie limitée à la mine, et la caisse d'accident qui comprend toutes les mines d'un district.

STATISTIQUE

de l'Industrie minérale de la France.

TABLEAUX COMPARATIFS DE LA PRODUCTION DES COMBUSTIBLES MINÉRAUX, DES FONTES, FERS ET ACIERS, EN 1889 ET EN 1890 (*).

I. — Combustibles minéraux.

PRODUCTION PAR DÉPARTEMENT.

DÉPARTEMENTS	NATURE DU COMBUSTIBLE.	PRODUITS 1889	PRODUITS 1890
		tonnes	tonnes
Allier	Houille	823.029	1.002.523
Alpes (Basses-)	Lignite	26.164	32.065
Alpes (Hautes-)	Anthracite	6.396	6.630
Ardèche	Houille et anthracite	40.916	54.207
	Lignite	630	»
Aveyron	Houille	849.411	979.037
	Lignite	2.992	3.039
Bouches-du-Rhône	Idem	381.898	413.913
Cantal	Houille	44.852	69.090
	Lignite	210	245
Corrèze	Houille	2.751	3.519
Côte-d'Or	Houille et anthracite	7.785	12.413
Creuse	Houille	199.149	206.533
Dordogne	Idem	33	37
	Lignite	96	103
Drôme	Idem	249	98
Gard	Houille	1.967.815	2.010.424
	Lignite	19.372	19.919
Hérault	Houille et anthracite	247.118	300.193
	Lignite	436	454
Isère	Anthracite	143.414	145.097
	Lignite	1.110	1.150
Jura	Idem	100	50
Loire	Houille et anthracite	3.324.505	3.532.152
Loire (Haute-)	Houille	187.139	209.976
Loire-Inférieure	Anthracite	9.835	10.942
Lot	Houille	1.681	2.720
Maine-et-Loire	Anthracite	38.692	35.020
Mayenne	Idem	46.019	58.964
Nièvre	Houille	176.632	147.089
Nord	Houille et anthracite	4.719.430	5.201.448
Pas-de-Calais	Houille	8.614.118	9.096.004
Puy-de-Dôme	Houille et anthracite	190.109	216.278
Pyrénées-Orientales	Lignite	1.912	1.801
Rhône	Houille	42.776	40.760
Saône (Haute-)	Idem	221.740	202.932
	Lignite	10.089	9.126
Saône-et-Loire	Houille et anthracite	1.499.509	1.714.001
Sarthe	Anthracite	10.936	8.950
Savoie	Idem	12.810	11.054
Savoie (Haute-)	Idem	90	115
Sèvres (Deux-)	Houille	17.621	15.548
Tarn	Idem	383.190	518.250
Var	Idem	1.813	426
	Lignite	50	570
Vaucluse	Idem	5.322	4.632
Vendée	Houille	20.598	24.621
Vosges	Lignite	967	2.890
Récapitulation	Houille et anthracite	23.851.912	25.836.953
	Lignite	451.597	490.055
Totaux		24.303.509	26.327.008
Augmentation			2.023.499

(*) Ces tableaux ont été publiés, par ordre de M. le Ministre des Travaux publics, au *Journal officiel* du 26 février 1891. Les chiffres concernant l'année 1890 sont extraits des états *semestriels* fournis par les Ingénieurs des mines et, par suite, *provisoires;* tandis que la statistique de 1889, résultant du dépouillement des états *annuels*, contient des chiffres *définitifs*.

PRODUCTION PAR BASSIN.

GROUPES GÉOGRAPHIQUES DE BASSINS.	PRODUITS 1889	PRODUITS 1890	BASSINS ÉLÉMENTAIRES (*).	DÉPARTEMENTS OU LES BASSINS SONT SITUÉS.	PRODUITS 1889	PRODUITS 1890
	tonnes	tonnes			tonnes	tonnes
			I. — Houille et Anthracite.			
Nord et Pas-de-Calais.	13.333.548	14.297.452	Valenciennes	Pas-de-Calais, Nord	13.332.414	14.294.176
			Le Boulonnais (Hardinghen)	Pas-de-Calais	1.134	3.276
Loire	3.378.191	3.582.896	Saint-Etienne (et Rive-de-Gier)	Loire, Rhône	3.322.777	3.531.401
			Sainte-Foy-l'Argentière	Rhône	42.776	40.760
			Communay	Isère	10.910	9.984
			Le Roannais (Roanne)	Loire, *Rhône*	1.728	751
Gard	2.008.731	2.064.631	Alais	Gard, Ardèche	1.976.022	2.024.181
			Aubenas	Ardèche	28.915	35.578
			Le Vigan	Gard	3.794	4.872
Bourgogne et Nivernais.	1.726.361	1.922.406	Creusot et Blanzy	Saône-et-Loire	1.335.889	1.548.154
			Decize	Nièvre	176.632	147.089
			Epinac et Aubigny-la-Ronce	Saône-et-Loire, Côte-d'Or	118.109	126.331
			La Chapelle-sous-Dun	Saône-et-Loire	49.971	45.815
			Bert	Allier	42.435	48.903
			Sincey, *Forges*	Côte-d'Or, *Saône-et-Loire*	3.325	6.114
Tarn et Aveyron	1.234.282	1.500.007	Aubin	Aveyron	834.765	963.239
			Carmaux	Tarn	383.190	518.250
			Rodez	Aveyron	14.646	15.798
			Saint-Perdoux	Lot	1.681	2.720
Bourbonnais	925.887	1.113.090	Commentry (et Doyet)	Allier	749.915	912.599
			Saint-Eloy	Puy-de-Dôme	145.293	159.470
			L'Aumance (Buxière-la-Grue)	Allier	30.679	41.021
			La Queune (*Fins et Noyant*)	*Allier*	»	»
Auvergne	276.807	335.874	Brassac	Haute-Loire, Puy-de-Dôme	198.245	218.274
			Champagnac et Bourg-Lastic	Cantal, Puy-de-Dôme	72.468	105.203
			Langeac	Haute-Loire	[illegible]	[illegible]
Hérault	247.118	300.193	Graissessac, *Roujan*	Hérault	[illegible]	[illegible]
Creuse et Corrèze	[illegible]	[illegible]	Ahun	Creuse	[illegible]	[illegible]
			Bourganeuf	Creuse	[illegible]	[illegible]
[illegible]			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Ouest	143.701	154.045	Le Maine	Mayenne, Sarthe	56.955	67.914
			Basse-Loire	Loire-Inférieure, Maine-et-Loire	48.527	45.962
			Vouvant et Chantonnay	Deux-Sèvres, Vendée	38.219	40.169
			Saint-Pierre-la-Cour	*Mayenne*	»	»
			Le Cotentin	*Manche*	»	»
Alpes occidentales	151.800	152.912	Le Drac (La Mure)	Isère	132.032	134.483
			Maurienne-Tarentaise et Briançon	Hautes-Alpes, Savoie	19.206	17.684
			Oisans et *le Grésivaudan*	Isère	452	630
			Chablais et Faucigny	Haute-Savoie	90	115
Maures	1.813	426	Les Maures (Fréjus)	Alpes-Maritimes, *Var*	1.813	426
Pyrénées	»	»	*Ibantelly, Durban et Ségure*	*Basses-Pyrénées, Aude*	»	»
Totaux pour les houilles	23.851.912	25.836.953			23.851.912	25.836.953

II. — Lignite.

Provence	408.112	446.548	Fuveau (Aix)	Bouches-du-Rhône, *Var*	381.948	413.913
			Manosque	Basses-Alpes, *Vaucluse*	26.164	32.065
			La Cadière	Var	»	570
Comtat	24.420	23.572	Bagnols, Orange, *Banc-Rouge, Vagnas*	Gard, Vaucluse, *Ardèche*	20.900	21.182
			Barjac et *Célas*	Gard	1.892	1.651
			Méthamis	Vaucluse	1.628	739
			Montoulieu	*Hérault*	»	»
Vosges méridionales	11.056	12.016	Gouhenans, *Gémonval*	Haute-Saône	10.089	9.126
			Norroy	Vosges	967	2.890
Sud-Ouest	6.550	6.621	Millau et Trévezel	Aveyron, Gard	3.896	4.018
			Estavar, Larquier, *Orignac, Saint-Lon*	Pyrénées-Orientales, *Landes, Hautes-Pyrénées*	1.912	1.801
			La Caunette	Hérault, *Aude*	436	454
			Murat	Cantal	210	245
			Simeyrols et la Chapelle-Péchaud	Dordogne	96	103
Haut-Rhône	1.459	1.298	La-Tour-du-Pin	Isère	1.110	1.150
			Hauterives, *Montélimar*	Drôme	249	98
			Vercia, *Douvres*	Jura, *Ain*	100	50
			Entreverne et Chambéry	*Haute-Savoie, Savoie*	»	»
Totaux pour les lignites	451 597	490.055			451.597	490.055
Totaux généraux	24.303.509	26.327.008			24.303.509	26.327.008

(*) Les bassins dont les mines n'ont pas été exploitées dans l'année et les départements correspondants ont leurs noms en *italiques*.

II. — Industrie sidérurgique.

PRODUCTION DES FONTES.

DÉPARTEMENTS	DÉSIGNATION de LA FONTE suivant la nature du combustible.	1889 FONTES d'affinage.	1889 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1889 PRODUCTION totale.	1890 FONTES d'affinage.	1890 FONTES de moulage ou moulée en 1re fusion.	1890 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Allier	Au coke	23.539	9.655	33.194	23.013	21.591	44.604
Ardèche	Au coke	23.891	5.450	29.341	33.866	922	34.788
Ardennes	Au coke	20.770	»	20.770	18.980	»	18.980
Ariège	Au coke	3.153	42	3.195	13.698	»	13.698
Aveyron	Au coke	13.988	»	13.988	12.656	»	12.656
Bouches-du-Rhône	Au coke	14.953	839	15.792	18.186	3.646	21.832
Cher	Mixte	»	4.461	4.461	»	16.986	16.986
Dordogne	Au bois	450	»	450	350	»	350
Gard	Au coke	44.604	4.366	48.970	53.239	6.392	59.631
Isère	Au coke	22.963	32	23.056	28.657	104	29.066
	Au bois	49	12		262	43	
Landes	Au coke	47.804	3.800	54.572	50.276	3.500	59.559
	Au bois	2.473	495		4.236	1.547	
Loire	Au coke	29.496	873	30.369	21.186	»	21.186
Loire-Inférieure	Au coke	18.543	9.246	27.789	28.630	17.173	45.803
Lot-et-Garonne	Au coke	»	14.083	14.083	»	12.260	12.260
Marne (Haute-)	Au coke	23.529	31.300	58.044	24.684	31.438	65.079
	Au bois	1.265	25		1.557	262	
	Mixte	»	1.925		2.178	4.960	
Meurthe-et-Moselle	Au coke	661.167	282.289	943.456	787.339	296.366	1.083.705
Meuse	Au coke	3.408	93	3.591	»	»	506
	Mixte	»	90		»	506	
Nord	Au coke	185.091	46.272	231.363	176.688	58.806	235.584
Pas-de-Calais	Au coke	84.315	»	84.315	86.710	»	86.710
Pyrénées-Orientales	Au bois	3.098	»	3.098	4.010	»	4.010
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

RÉCAPITULATION.

Fonte	Au coke	1.308.503	410.828	1.719.331	1.476.203	455.607	[illegible]
	Au bois	7.556	601	8.157	11.779	1.941	[illegible]
	Mixte	»	6.476	6.476	2.178	22.452	24.630
Totaux		1.316.059	417.905	1.733.964	1.490.160	480.000	1.970.160
Augmentations					174.101	62.095	236.196

PRODUCTION DES FERS.

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1889 RAILS.	1889 FERS marchands et spéciaux.	1889 TÔLES.	1889 PRODUCTION totale.	1890 RAILS.	1890 FERS marchands et spéciaux.	1890 TÔLES.	1890 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Aisne	Puddlage	»	»	»	393	»	»	196	393
	Réchauffage de vieux fers	»	»	393		»	»	197	
Allier	Puddlage	197	19.368	7.888	29.869	141	18.807	8.886	28.614
	Affinage au charbon de bois	»	1.846	570		»	780	»	
Ardennes	Puddlage	»	43.801	9.273	68.369	»	47.677	8.573	67.641
	Affinage au charbon de bois	»	»	»		»	62	»	
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	10.695	4.600		»	7.079	4.250	
Ariège	Puddlage	»	4.811	»	5.664	»	6.920	»	9.120
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	853	»		»	2.200	»	
Aube	Puddlage	»	4.557	»	5.437	»	4.404	»	5.339
	Affinage au charbon de bois	»	405	»		»	293	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	475	»		»	642	»	
Aveyron	Puddlage	128	5.030	2.048	14.412	»	8.574	»	14.226
	Réchauffage de vieux fers et riblons	128	5.030	2.048		»	5.652	»	
Bouches-du-Rhône	Puddlage	»	310	»	1.279	»	»	»	991
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	969	»		»	991	»	
Charente	Affinage au charbon de bois	»	»	»	168	»	»	»	»
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	168	»		»	»	»	
Cher	Affinage au charbon de bois	»	»	»	»	»	56	»	56
Côte-d'Or	Puddlage	»	2.900	550	6.345	»	3.545	»	6.800
	Affinage au charbon de bois	»	585	»		»	685	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	2.310	»		»	1.920	650	

PRODUCTION DES FERS (*suite*).

DÉPARTEMENTS.	MODE DE FABRICATION DU FER.	1889 RAILS.	1889 FERS marchands et spéciaux	1889 TÔLES.	1889 PRODUCTION totale.	1890 RAILS.	1890 FERS marchands et spéciaux	1890 TÔLES.	1890 PRODUCTION totale.
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Côtes-du-Nord	Puddlage	»	350	»	3.550	»	550	»	5.650
	Réchauffage de vieux fers	»	3.200	»		»	5.100	»	
Dordogne	Puddlage	»	700	»	2.900	»	920	»	2.675
	Affinage au charbon de bois	»	450	»		»	405	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	1.750	»		»	1.350	»	
Doubs	Affinage au charbon de bois	»	2.384	966	10.458	»	4.107	1.010	8.025
	Réchauffage de vieux fers	»	4.368	2.740		»	1.018	1.890	
Eure	Réchauffage de vieux fers	»	5.100	»	5.100	»	4.260	»	4.260
Gard	Puddlage	63	12.055	»	13.334	»	9.988	»	10.084
	Réchauffage de vieux fers et riblons	58	1.158	»		»	96	»	
Garonne (Haute-)	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.315	»	1.315	»	1.876	»	1.876
Ille-et-Vilaine	Réchauffage de vieux fers	»	83	»	83	»	108	»	108
Isère	Puddlage	»	103	»	2.682	»	63	»	3.043
	Réchauffage de vieux fers	»	2.579	»		»	2.980	»	
Jura	Puddlage	»	10.694	5.000	17.784	»	9.299	2.557	14.611
	Affinage au charbon de bois	»	340	»		»	186	185	
	Réchauffage de vieux fers	»	850	900		»	1.742	642	
Landes	Puddlage	»	»	»	6.337	»	300	»	7.163
	Affinage au charbon de bois	»	1.845	»		»	1.925	»	
	Réchauffage de vieux fers	»	4.492	»		»	4.938	»	
Loir-et-Cher	Réchauffage de vieux fers	»	30	»	30	»	17	»	17
Loire	Puddlage	»	23.662	8.782	36.963	»	17.682	11.214	35.379
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	4.519	»		»	6.483	»	
Loire-Inférieure	Puddlage	»	5.370	1.246	11.561	»	6.266	1.587	13.337
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	4.945	»		»	5.484	»	
Lot-et-Garonne	Affinage au charbon de bois	»	220	»	220	»	95	»	95
Marne (Haute-)	Puddlage	»	44.792	4.156	58.886	»	42.528	3.583	69.241
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	9.833	105		»	21.186	1.944	
Meurthe-et-Moselle	Puddlage	224	35.210	3.600	40.734	»	31.045	5.343	37.388
	Réchauffage de vieux fers	»	1.700	»		»	1.000	»	
Meuse	Puddlage	»	8.757	»	8.757	»	5.987	»	7.006
	Réchauffage de vieux fers	»	»	»		»	1.019	»	
[illegible]	Puddlage	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
	Affinage au charbon de bois	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	

Nord	Puddlage	»	264.087	57.614	321.701	»	277.583	62.473	340.056
Oise	Puddlage	»	15.030	808	17.954	»	6.928	1.041	9,373
	Affinage au charbon de bois	»	»	792		»	»	390	
	Réchauffage de vieux fers	»	1.324	»		»	1.014	»	
Orne	Réchauffage de vieux fers	»	200	»	200	»	150	»	150
Pas-de-Calais	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	521	»	521	»	»	»	»
Pyrénées-Orientales	Affinage au charbon de bois (foyers catalans)	»	176	»	176	»	144	»	144
Rhin (Haut-) (Territoire de Belfort)	Affinage au charbon de bois	»	160	»	160	»	100	»	100
Saône (Haute-)	Affinage au charbon de bois	»	49	1.143	1.192	»	5	169	174
Saône-et-Loire	Puddlage	»	57.971	5.157	63.200	»	58.030	8.341	66.417
	Affinage au charbon de bois	»	»	72		»	»	46	
Sarthe	Affinage au charbon de bois	»	31	»	31	»	29	»	29
Savoie	Affinage au charbon de bois	»	15	»	15	»	15	»	15
Savoie (Haute-)	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.010	854	1.864	»	1.048	992	2.040
Seine	Réchauffage de vieux fers	»	33.845	»	33.845	»	32.425	»	32.425
Seine-Inférieure	Réchauffage de vieux fers	»	250	»	250	»	110	»	110
Seine-et-Oise	Réchauffage de vieux fers	»	2.500	»	2.500	»	3.491	»	3.491
Somme	Puddlage	»	797	»	2.561	»	1.001	»	2.585
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	1.764	»		»	1.584	»	
Tarn	Puddlage	»	881	»	1.551	»	1.773	»	2.379
	Réchauffage de vieux fers et riblons	»	670	»		»	606	»	
Vosges	Affinage au charbon de bois	»	120	»	120	»	»	210	210
Yonne	Réchauffage de vieux fers	»	14	»	14	»	18	»	18

RÉCAPITULATION.

Fer	Puddlé	672	565.623	106.122	672.417	141	564.212	113.794	678.147
	Affiné au charbon de bois	»	9.419	2.627	12.046	»	10.299	2.054	12.353
	Obtenu par réchauffage de vieux fers et riblons	357	111.278	12.626	124.261	»	122.072	10.788	132.860
	Totaux	1.029	686.320	121.375	808.724	141	696.583	126.636	823.360
	Diminution					888	»	»	»
	Augmentations					»	10.263	5.261	14.636

Observation. — Les fers bruts ou massiaux transformés en produits marchands dans des départements autres que ceux où ils ont été fabriqués ne figurent pas sur le tableau, afin d'éviter un double emploi.

PRODUCTION DES ACIERS.

DÉPARTEMENTS	MODE DE FABRICATION DE L'ACIER.	1889 Production des aciers ouvrés: Rails	1889: Aciers marchands	1889: Tôles	1889: Production totale	1889: Production des lingots Bessemer et Siemens-Martin	1890 Production des aciers ouvrés: Rails	1890: Aciers marchands	1890: Tôles	1890: Production totale	1890: Production des lingots Bessemer et Siemens-Martin
		tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Aisne	Fusion au foyer Bessemer	»	»	558	558	»	»	»	558	558	»
Allier	Fusion au four Siemens-Martin	70	8 400	»	14 118	14.795	75	9.820	»	15.216	19.350
	Puddlage	»	1.101	4.122		»	»	1.433	3.258		»
	Cémentation	»	15	»		»	»	20	»		»
	Fusion au creuset	»	410	»		»	»	610	»		»
Ardennes	Fusion au foyer Bessemer	»	8.132	11.818	23.387	»	»	9.243	12.529	25.684	»
	Fusion au four Siemens-Martin	»	»	2.977		3.575	»	»	3.255		3.875
	Cémentation	»	8	»		»	»	5	»		»
	Fusion au creuset	»	452	»		»	»	389	»		»
	Réchauffage de vieil acier	»	»	»		»	»	13	250		»
Ariège	Fusion au four Siemens-Martin	»	648	»	1.485	3.584	»	118	»	1.845	5.831
	Puddlage	»	699	»		»	»	1.570	»		»
	Cémentation	»	96	»		»	»	33	58		»
	Fusion au creuset	»	42	»		»	»	66	»		»
Aube	Fusion au foyer Bessemer	»	2.815	»	2.815	»	»	3.318	»	3.348	»
Charente	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	»	»	»	178	»	178	»
Côte-d'Or	Fusion au foyer Bessemer	»	80	»	645	»	»	38	99	3.628	»
	Fusion au four Siemens-Martin	»	100	35		»	»	41	30		»
	Puddlage, affinage au charbon de bois	»	50	»		»	»	3.130	5		»
	Cémentation	»	100	»		»	»	105	4		»
	Fusion au creuset	»	85	»		»	»	65	6		»
	Réchauffage de vieil acier	»	25	170		»	»	45	60		»
Côtes-du-Nord	Réchauffage de vieil acier	»	18	»	18	»	»	67	»	67	»
Doubs	Fusion au foyer Bessemer	»	2.676	1.537	6.213	»	»	3.602	1.630	8.882	»
	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.000	»		2 000	»	3.650	»		6.066
Gard	Fusion au foyer Bessemer	17.418	171	»	32.247	21.684	17.466	525	»	35.446	22 812
	Fusion au four Siemens-Martin	1.066	13.592	»		18.867	1.958	15.337	»		22.600
	Réchauffage de vieil acier	»	»	»		»	»	160	»		»
Isère	Fusion au foyer Bessemer	»	35	»	5.367	»	»	29	»	4.957	32
	Fusion au four Siemens-Martin	»	2.804	»		3.015	»	2.613	»		3.020
	Puddlage	»	1.776	»		»	»	1.650	»		»
	Cémentation	»	272	»		»	»	195	»		»
	Fusion au creuset	»	480	»		»	»	470	»		»
Jura	Fusion au foyer Bessemer	»	1.960	3.150	18 729	»	»	»	»	9.425	»
	Fusion au four Siemens-Martin	»	7.8[illegible]	2.760		11.315	»	8.406	3.920		11.310
Landes	Fusion au foyer Bessemer	25.082	[illegible]	»	31 801	35.72[illegible]	27.[illegible]	5.617	»	31.840	40.000
	Fusion au four Siemens-Martin	»	1.010	»		[illegible]	»	1.814	»		[illegible]
	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]		[illegible]

	[illegible]	»	[illegible]	[illegible]		»	»	[illegible]	[illegible]		[illegible]
Marne (Haute-).	Fusion au four Siemens-Martin.	»	3.760	»	17.763	4.170	»	10.018	483	20.029	4.108
	Réchauffage de vieil acier	»	»	»		»	»	550	»		»
Meurthe-et-Moselle.	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas).	»	9.658	1.500		147.928	30,189	23.133	8.921		170.223
	Fusion au four Siemens-Martin.	28.132	870	1.740	43.360	3.745	»	849	2.249	61.988	4.975
	Puddlage.	45	819	566		»	»	960	647		»
	Fusion au creuset.	»	»	»		»	»	40	»		»
Meuse	Fusion au foyer Bessemer (procédé Thomas).	»	2 500	»	8.605	2.790	»	3.233	»	7.503	1.952
	Fusion au four Siemens-Martin.	»	6.105	»		4.286	»	4.270	»		4.658
Morbihan	Fusion au foyer Bessemer.	»	»	3.200	11.950	»	»	»	»	10.330	»
	Fusion au four Siemens-Martin.	»	»	8.750		12.870	»	»	10.330		15,000
Nièvre	Fusion au four Siemens-Martin.	178	11.162	765		8.801	»	11.253	823		12,065
	Puddlage.	»	284	»	12.428	»	»	137	»	12.663	»
	Fusion au creuset.	»	37	2		»	»	450	»		»
Nord	Fusion au foyer Bessemer.	44.586	22.365	3.954		91.058	44,004	23.483	8.720		101.622
	Fusion au four Siemens-Martin.	»	10.236	10.521	91.872	33.832	»	10.127	5.290	91.849	21.278
	Fusion au creuset.	»	210	»		»	»	225	»		»
Oise	Fusion au foyer Bessemer.	»	17.793	»	19.250	»	»	17.968	»	19.558	»
	Fusion au four Siemens-Martin.	»	349	1.108		1.653	»	210	1.350		1.900
Pas-de-Calais	Fusion au foyer Bessemer.	41.827	8,506	»	50.333	59.795	44.287	5 707	»	49.994	60.800
Rhin (Haut-) (Territoire de Belfort)	Fusion au four Siemens-Martin.	»	3.224	»	3.224	3,582	»	3.560	»	3.560	4.000
Rhône	Fusion au four Siemens-Martin.	»	120	»	120	»	»	74	»	102	»
	Fusion au creuset.	»	»	»		»	»	28	»		»
Saône (Haute-).	Fusion au four Siemens-Martin.	»	»	»	»	»	»	»	930	1.001	4
	Réchauffage de vieil acier.	»	»	»		»	»	»	71		»
Saône-et-Loire.	Fusion au foyer Bessemer.	5.594	8.368	14.242	54.485	34.516	7.808	15.848	12.422	64.024	37.370
	Fusion au four Siemens-Martin.	»	15.793	10.488		34.195	»	13.531	14.415		41.405
Savoie	Fusion au foyer Bessemer	»	»	»	80	»	»	19	»	88	»
	Fusion au four Semens-Martin	»	80	»		»	»	69	»		»
Seine	Fusion au foyer Bessemer	»	2.805	»		»	»	1.041	»		»
	Fusion au four Siemens-Martin	»	140	»	2.945	»	»	2.231	»	3.792	»
	Fusion au creuset.	»	»	»		»	»	520	»		»
Tarn	Puddlage.	»	1.029	»		»	»	1.221	»		»
	Cémentation.	»	213	»	2.005	»	»	211	»	2,253	»
	Fusion au creuset.	»	763	»		»	»	821	»		»
Vosges	Fusion au foyer Bessemer	»	»	1.680	1.680	»	»	»	1.660	1.660	»
RÉCAPITULATION. — Acier.	Fondu au foyer Bessemer	162.609	111.672	42.611	316.892	393.741	171.195	123.617	42.290	337.102	444.801
	Fondu au four Siemens-Martin.	3.155	119 374	56.471	179.000	232.491	2.735	127.879	60.976	191.590	244.190
	Puddlé et de forge.	»	9.001	4.688	13.689	»	»	13.417	3.910	17.327	»
	Cémenté	»	1.598	»	1.598	»	»	1,226	62	1.288	»
	Fondu au creuset	»	12.579	102	12.681	»	»	13 570	164	13.734	»
	Obtenu par réchauffage de vieil acier.	»	5.272	170	5.442	»	»	4.775	381	5 156	»
	Totaux.	165.764	259.496	104 012	520.302	626.232	173.930	281.484	107.783	566.197	688.991
	Augmentations						8,166	21.988	3.741	36.895	62.759

ERRATUM. — 1.035 tonnes de lingots Bessemer transformés dans les Vosges avaient été comptées, au premier semestre, parmi les aciers au réverbère; elles ont été remises à leur place dans l'addition pour l'année entière.

LES MINES D'OR DU TRANSVAAL

Par M. DE LAUNAY, Ingénieur des mines, Professeur
à l'École supérieure des mines.

La République du Transvaal est devenue, depuis 1886, un des centres importants de production de l'or dans le monde. Il nous a semblé qu'il pouvait y avoir quelque intérêt à résumer ici ce qu'on connaît actuellement de ces mines déjà fameuses, en utilisant d'une part un rapport récent, adressé à M. le Ministre des affaires étrangères par M. Aubert, vice-consul de France à Pretoria et contenant des renseignements économiques très complets, d'autre part les divers travaux géologiques publiés à l'étranger (*).

A. HISTORIQUE.

Depuis deux siècles, on savait que les indigènes de l'Afrique méridionale offraient de l'or en échange de toutes sortes de marchandises; cependant l'origine du métal précieux restait à peu près inconnue quand, en 1864, Carl Mausch signala, le premier, les gisements d'or du Matabeland et, en 1868, ceux du district de Lydenburg.

(*) Un ouvrage paru en 1890, *Les Mines d'or de l'Afrique du Sud*, par Henri Dupont, contient, quoiqu'écrit à un point de vue spécialement financier, des renseignements statistiques intéressants que nous avons également mis à profit.

En 1873 seulement, d'assez forts lingots commencèrent à être rapportés du district de Lydenburg et des mineurs australiens et californiens vinrent s'y établir. Les années suivantes, on fit quelques travaux sur des alluvions de rivières au pied des montagnes du Drakensberg. C'est vers ce moment, en 1877, que les Anglais, tentant de recommencer à Pretoria ce qu'ils avaient exécuté avec succès à Kimberley, en 1871, au moment de la découverte des mines de diamants, essayèrent de s'annexer le Transvaal. On sait comment, vaincus par les indigènes révoltés, ils durent, en 1881, après la bataille d'Amadjouba, reconnaître pour la seconde fois l'indépendance de la République Sud-africaine. Les explorations qui avaient été interrompues pendant cette période de trouble reprirent alors. En 1884, M. D. Moodie ouvrit une exploitation dans le district de de Kaap (à l'Est de Lydenburg) à la mine de Sheba. En 1886, enfin, on découvrit par hasard l'immense gîte du Witwatersrand (à 40 milles au Sud de Pretoria) qui a produit l'an dernier pour 19 millions d'or.

Aujourd'hui les exploitations portent principalement sur les districts du Witwatersrand au Sud de Pretoria, et de Klerksdorp un peu plus à l'Ouest, de de Kaap, Lydenburg et Komati à l'Est, de Malmani au Sud-Ouest et, en moindre quantité, sur ceux de Zoutpansberg, Watersberg et Rustenbourg. Le Transvaal comprend officiellement dix zones aurifères proclamées ou *goldfields :* celles de de Kaap, Komati, Witwatersrand, Krugersdorp, Roodepoort, Schoonspruit (Klerksdorp), Rooderand, Malmani, Marabastadt et Houtboschberg. Il existe en outre quelques mines beaucoup plus au Nord, à Tati, dans le Matabeland (région que l'Angleterre a réclamée récemment au Portugal) ; du même côté, on annonçait dernièrement l'existence de gisements merveilleux dans le Mashonaland (entre le Niger et le Zambèse). Enfin, le Swazieland com-

prend aussi un certain nombre de concessions minières.

Voici quelles ont été depuis vingt ans, d'après les recettes des douanes, les exportations d'or de l'Afrique du Sud :

ANNÉES	CAP	NATAL	TOTAL en livres	TOTAL en francs	OBSERVATIONS
	livres sterl.	livres sterl.	livres sterl.	francs	
1871	43	370	413	10.325	
1872	745	825	1 570	39.250	
1873	85	895	980	24.500	
1874	14.772	24.710	39.482	987.050	
1875	43.009	28.843	71.452	1.186.300	
1876	11.905	39.802	51 707	1.292 675	
1877	54 030	13.365	67.395	1.684.875	
1878	34 765	4.575	39.340	983.500	
1879	29.115	1.101	30.215	755.375	Guerre du Transvaal avec l'Angleterre.
1880	22.450	»	22 450	561.250	
1881	17.676	276	17 952	448.800	
1882	15.175	6.865	22.040	551 000	
1883	10.164	20.293	30.457	761.425	
1884	22.297	46.708	39 005	975 125	Découverte de de Kaap.
1885	17.321	52.222	69 543	1.733 575	
1886	23 914	113.166	137.080	3.427.000	Découverte du Witwatersrand.
1887	92.936	143.551	236 487	5 912.175	
1888	516.676	390.418	906 094	22.402.350	
1889	857.336	584.405	1.441.771	36.044.275	
	1.783.944	1.441.989	3.235.533	80.888.325	

Dans ce total, les mines du Witwatersrand forment, depuis 1886, l'appoint le plus important. Leur essor a été extrêmement rapide, ainsi que le montre le tableau suivant de leur production.

1886. . . .	1.738.575f	1888. . . .	5.899.250f
1887. . . .	3.230.350	1889. . . .	18.750.000

En 1890, les résultats connus des dix premiers mois montrent la production continuant à s'accroître presque constamment et passant de 35.006 onces en janvier à 38.799 en avril, 39.456 en juillet, 45.467 en septembre, 45.250 en octobre : soit, en septembre et en octobre, plus de 4 millions d'or par mois, chiffre supérieur à celui de tous les mois précédents.

Il est résulté de ce développement considérable une

prospérité inaccoutumée pour la République du Transvaal dont le trésor était encore, en 1886, vide et à bout d'expédients; des villes se sont construites à Johannesburg (centre du Witwatersrand : 15.000 âmes), à Heidelberg, Barberton, Klerksdorp. Au 1er janvier 1890 on comptait, dans le seul district du Witwatersrand, 353 compagnies minières représentant un capital social de 850 millions et ayant produit, en trois ans, 19.040 kilogr. d'or (*). Mais, par une conséquence naturelle, la spéculation effrénée qui s'est portée sur les actions de ces mines et qui les a, à diverses reprises, fait enfler démesurément, puis subitement dépréciées, a failli plusieurs fois compromettre l'avenir du pays. Depuis la découverte des diamants du Cap et de l'or du Transvaal, on n'a pas compté au Cap moins de cinq crises financières aiguës : la première, en 1882, au moment de l'écroulement de certaines mines de diamants alors exploitées à ciel ouvert; une seconde, en 1886, après l'engouement produit par les gisements d'or de de Kaap (mine de Sheba); puis une autre presque chaque année, en 1888, 1889 et, tout récemment enfin, celle de 1890 qui n'est pas terminée.

En même temps, à côté de quelques compagnies importantes parmi lesquelles celles de Robinson, de Langlaagte (**), etc., il s'en fondait un très grand nombre d'autres, toutes en façade, réservant aux vendeurs, promoteurs et intermédiaires, la plus forte part de leur capital nominal et dont beaucoup n'ont même jamais produit une once d'or (***). Dans les meilleures mêmes, les rapports les

---

(*) En octobre 1888, la production était presque deux fois moindre, 27.773 onces; en octobre 1889, 32.000. Nous rappelons que l'once (31gr,0912) vaut environ 90 francs.

(**) Nous donnons, en appendice, les noms, production, etc., des principales compagnies.

(***) En particulier, un grand nombre de compagnies se sont formées pour exploiter ce qu'on a appelé les *deep level claims*,

plus autorisés parlent d'un gaspillage considérable; la quantité d'or extraite du minerai broyé ne serait que la moitié de celle contenue. Enfin, ce qui est plus grave, afin de donner le plus vite possible de gros dividendes, on s'est contenté partout d'extraire la partie superficielle des gisements où l'or existe à l'état natif et l'on a laissé de côté celle plus profonde où il semble de plus en plus se concentrer dans les pyrites, en sorte qu'un problème, capital pour ce district, se posera dans un avenir relativement rapproché, celui de l'extraction économique et rémunératrice de l'or des pyrites. Alors, il faudra tenir compte plus qu'aujourd'hui des difficultés de transport, du climat, extrêmement sec en hiver, très pluvieux en été, de la difficulté de recruter la main-d'œuvre, etc.

La région des mines d'or est absolument aride. Pour arriver au Witwatersrand, il faut aujourd'hui partir soit (et de préférence) de Kimberley, point terminus du chemin de fer du Cap à 486 milles de Johannesburg, soit de Ladysmith, extrémité du chemin de fer de Natal, à 458 kilomètres de Barberton et 374 de Johannesburg.

Les transports, qui se font par des chars attelés de bœufs, deviennent presque impossibles lorsque l'hiver a desséché les vastes plaines entre Natal, la colonie du Cap et le Rand. Alors, le pain se vend, à Johannesburg, jusqu'à 1f,25 les 300 grammes; les pommes de terre coûtent 110 fr. le sac, etc. Quant aux Cafres qui constituent la main-d'œuvre principale, lorsqu'ils ont travaillé trois ou quatre mois et économisé quelques livres sterling (on leur paie de 15 à 20 francs par semaine), ils sont pris de nostalgie et retournent à leur kraal. C'est un état de choses que l'on espère voir s'améliorer le jour où l'on prolongera,

c'est-à-dire pour aller rechercher en profondeur par un puits une couche productrice affleurant sur une concession voisine. Aucune des compagnies ainsi constituées n'a, paraît-il, donné jusqu'ici de résultats.

comme le désirent les Anglais, jusqu'à Witwatersrand, le chemin de fer du Cap à Kimberley ou, comme on doit le faire prochainement, le chemin de fer de Natal jusqu'à Newcastle.

B. GÉOLOGIE GÉNÉRALE DE L'AFRIQUE DU SUD.

La géologie de la province du Cap a été exposée par M. Suess (*) qui, en la comparant à celle de Madagascar et des Indes, a tenté de reconstituer l'histoire de la mer des Indes dans les temps géologiques. Pour le Transvaal qui nous intéresse plus particulièrement, nous possédons une esquisse de carte géologique par M. Halvernick (**) (malheureusement antérieure à la découverte des gisements d'or du Witwatersrand et visiblement inexacte dans cette région), un travail de M. Hübner et quelques articles (très discordants) insérés, soit dans le journal de la Société géologique anglaise, soit dans la *Witwatersrand Review;* c'est d'après ces données que nous avons tenté de prolonger vers le Nord, jusqu'à la région des mines d'or, la petite carte géologique au 1/12.500.000 donnée pour le Cap par M. Suess (voir Pl. II, *fig.* 1) (***).

Le trait caractéristique de la géologie de l'Afrique méridionale, c'est, on le sait, l'existence, au-dessus d'un soubassement de gneiss et de granite, de terrains anciens, siluriens, dévoniens et carbonifères, fortement plissés et érodés que surmontent à leur tour, en stratification discordante, les grands plateaux horizontaux du Karoo comprenant des couches sans fossiles marins de plusieurs milliers de pieds d'épaisseur allant depuis le per-

---

(*) Antlitz der Erde, t. I, 2e part., p. 500.

(**) Petermanns Mittheil, 1884, t. XXX, p. 441.

(***) Cf. *Atlas physique* de Berghaus, Carte géologique d'Afrique au 1/30.000.000e.

mien et peut-être même le carbonifère supérieur (*) jusqu'à l'infralias (**).

Ce Karoo, que semblent prolonger dans l'Inde des formations analogues, a été coupé le long de la côte orientale par un affaissement qui a amené sur l'emplacement de la mer des Indes actuelle et sur l'Arabie, l'invasion d'une mer crétacée ayant laissé quelques dépôts horizontaux le long des côtes d'Afrique : vers la baie d'Algoa [néocomien, formations de rivage (***)]; dans le Natal et le Zoulouland (crétacé); à la Fishbay (cénomanien inférieur); aux îles Elobi, au Nord de l'Équateur (crétacé); etc.

Auparavant, il devait exister là un immense plateau, la Lemuria, réunissant l'Inde au Cap. L'affaissement a dû commencer dans l'Inde vers le lias, entre les couches de Gondwana inférieures et supérieures, en Afrique à une époque indéterminée entre le trias et le néocomien.

Si l'on examine la disposition de ces trois groupes principaux de terrain (gneiss, silurien et dévonien, Karoo), on voit d'abord, vers l'Ouest, au Sud de l'Orange, un grand massif de gneiss dont on retrouve l'équivalent vers l'Est, au Sud du Transvaal et dans le Zoulouland.

Les terrains anciens suivent les côtes Ouest et Sud en atteignant leur plus grand développement à hauteur du Cap. A l'Est, ils disparaissent un moment en mer du côté de la Cafrerie (accident qui correspond avec l'allure des fonds de mer) et reparaissent dans le Natal. Plus au Nord, une grande bande transversale qui comprend le Namaqualand et le désert de Kalahari, et se prolonge par le Transvaal jusqu'au fleuve Limpopo, semble presque exclusivement formée de silurien, dévonien et de roches cristallines : gneiss, granite, diorite, porphyre, etc.

Enfin le Karoo, principalement gréseux, couvre tout le

(*) Suess, p. 513.
(**) Suess, p. 502.
(***) Suess, p. 514.

centre du pays et paraît se prolonger jusqu'au 5ᵉ ou 6ᵉ degré de latitude avec les mêmes caractères.

Pour nous rendre compte de l'allure de ces terrains, suivons une longue coupe à peu près Est-Ouest, à travers les gisements d'or de de Kaap et du Witwatersrand et la région diamantifère de Kimberley, entre la baie de Delagoa et l'embouchure du fleuve Orange.

En partant de l'Est, on trouve d'abord une longue crête N.-S., celle du Lebomboberg, composée de porphyre. Puis, dans les monts Umwasi, on traverse des schistes noirs et des grès quartzeux qui semblent correspondre à certaines couches de Karoo affaissées sur la côte de Natal. Les gneiss et granites commencent alors en s'élevant peu à peu avec des formes arrondies et l'on entre brusquement dans une région de plateaux coupés par des gorges profondes allant jusqu'au Spitzkop : plateaux de Karoo au-dessous desquels apparaissent les terrains anciens contenant les gisements d'or de de Kaap. Il y aurait là, d'après M. Suess, des failles brusques limitant à l'Est le Karoo, failles dont on retrouve le prolongement dans le Natal.

Lydenburg même est sur la diorite ; puis, de Lydenburg à Pretoria et au Witwatersrand, vers le Sud-Ouest, le soubassement de gneiss se montre dans les vallées entre une série de collines dévoniennes.

Le Witwatersrand est formé de terrains plissés non fossilifères qu'en raison de ce plissement on a rattachées à la série ancienne antérieure au Karoo et, plus particulièrement, au dévonien. Plus loin, à l'Ouest, des calcaires cristallins d'âge indéterminé occupent une assez grande étendue jusqu'à la rivière Haart, affluent du Vaal. Alors, sur la rive Est du Haart et du Vaal, commence le plateau de Karoo où sont les champs de diamants de Kimberley. Sur la rive Ouest, au contraire, les terrains anciens forment, au-dessus de ce plateau, un gradin nommé Camp-

bellrange. A partir de là, si nous continuons vers l'Ouest, en Griqualand, nous trouvons des calcaires anciens jusqu'à Griquatown, puis le Kurumanrange prolongé au Sud par le Doornberg et composé de schistes siliceux avec magnétite.

Les monts de Matrap et Klipfontein qui leur succèdent sont formés de quartzites anciens. Enfin le Langeberg qui, d'après Anderson, se prolongerait sur près de 7 degrés de latitude, est également constitué par des quartzites rattachés au dévonien, et l'on arrive, en traversant quelques schistes, au grand massif de gneiss du Namaqualand qui se poursuit à peu près jusqu'à l'Atlantique et n'en est séparé que par une bande silurienne.

Dans cette coupe, nous n'avons fait que mentionner le Karoo; pour en avoir une coupe réellement typique, c'est plus au Sud qu'il faut aller.

Cette coupe comprend trois étages principaux :

1° K_1 — Étage inférieur débutant par le *Boulderbed* ou *Dwycka conglomerate* et terminé par les schistes d'Ecca. Le Boulderbed est une roche argileuse, noirâtre ou rougeâtre, à nombreux fragments de roches anciennes qu'on avait considérés au début comme des blocs glaciaires. M. Feistmantel l'a rapporté, d'après ses plantes, à la fin du houiller supérieur ou au début du permien. C'est le dépôt qui semble avoir comblé d'abord les dépressions du bassin de roches anciennes;

2° K_2 — Étage moyen, formant la surface presque entière des plateaux entre 650 et 1.300 mètres d'altitude ainsi que la base des montagnes du Karoo. C'est le Karoo inférieur (ou formation de Koonap) composé de grès, d'argiles bariolées, de schistes noirs ou bruns recoupés par d'innombrables éruptions de diorite et de mélaphyre, et contenant des nappes de mélaphyre intercalées. C'est à la partie supérieure de cet étage qu'appartiennent les ter-

rains, probablement permiens, de la région diamantifère de Kimberley;

3° K_3 — Le Karoo moyen ou *Beaufort beds* est formé de grès quartzeux avec schistes bruns (chaînes du Drackenberg, etc.). On y a trouvé des *Palæoniscus* et surtout des restes de reptiles : *Micropholis*, *Galesaurus*, *Oudenodon*, *Dicynodon*, etc., que M. Owen a considérés comme triasiques; en outre des plantes, en particulier des débris d'Equisétinées et des *Glossopteris* identiques à ceux de l'étage de Damuda dans l'Inde.

4° K_4 — Le Karoo supérieur, constitué par les couches de Stormberg, est formé de grès blancs ou jaunâtres avec schistes rougeâtres et fréquentes intercalations de houille à la base. Il semble devoir être rattaché au rhétien.

C. DESCRIPTION DES GISEMENTS AURIFÈRES.

1° *Districts du Witwatersrand, de Klerksdorp et d'Heidelberg.* — Les mines du Witwatersrand (ou montagne des eaux blanches) doivent leur nom à une rangée de collines située à environ 60 kilomètres au Sud de Pretoria, la capitale du Transvaal.

La zone aurifère, composée, comme nous l'avons dit, de terrains dévoniens plissés, est comprise du Nord au Sud entre ces montagnes et celles d'Heidelberg; en son centre, vers Johannesburg, elle a une direction Est-Ouest et se prolonge sur une centaine de kilomètres de long; vers l'Ouest, on la considère comme s'infléchissant peu à peu vers le Sud, dans la direction du Vaal où elle rejoindrait les autres districts aurifères de Potchefstroom et Klerksdorp; à l'Est, au contraire, elle se dirige Nord-Sud vers Heidelberg et disparaît sous le Karoo. Si l'on s'en rapporte aux connaissances actuelles résumées par la *fig.* 2, Pl. II; elle formerait ainsi une demi-circonférence corres-

pondant en profondeur à une disposition des couches en fond de bateau et l'autre versant de ce synclinal, prolongement Sud des couches de Heidelberg, serait tout entier masqué par le plateau de Karoo de l'État d'Orange.

Entre Johannesburg et Heidelberg, ce synclinal est bien marqué par les inclinaisons relevées dans les couches aurifères successives. Près de Johannesburg, le pendage de ces couches ou *reefs* est en effet vers le Sud et de 80 degrés; il n'est plus que de 60 degrés au Main reef, 45 degrés au Bid reef, 38 degrés aux Kimberley, Yellow et Sunday reefs, 15 degrés au Elsburg reef, 6 degrés au Black reef; puis il passe à l'horizontale et, vers Heidelberg, il s'infléchit au contraire vers le Nord.

L'or se trouve dans des conglomérats intercalés au milieu des terrains dévoniens formés eux-mêmes, dans leur ensemble, d'alternances de grès et de schistes fortement redressés. Au milieu de ces roches assez friables, les conglomérats plus résistants ont été laissés en saillie par l'érosion. On les appelle dans le pays *reefs* ou filons.

A peu de distance au Sud et à l'Est, ce dévonien aurifère est limité par le plateau de Karoo, dit Highveldt, où l'on exploite, en divers points, des couches de houille rhétienne : vers l'Est à Middelburg, vers le Sud-Est à Newcastle dans le Natal, vers le Sud-Ouest à Potchefstroom sur les bords du Vaal.

La région comprend, en outre, comme éléments géologiques : au Nord et au Nord-Est le granite des monts Magalies et, en plusieurs points, des intrusions de mélaphyres analogues à celles qu'on rencontre dans tout le plateau de Karoo du Cap.

Le pays, situé à près de 2.000 mètres d'altitude, est assez plat et sans arbres; il est couvert dans la belle saison d'une herbe abondante qui succombe aux froids de l'hiver et ne repousse qu'avec les pluies abondantes d'octobre à mars; le climat y passe pour salubre.

Administrativement, le Witwatersrand est partagé en sept subdivisions :

Johannesburg (le chef-lieu) au Nord, Boksburg et Heidelberg à l'Est, Krugersdorp, Blaauwbank et Zuurbult à l'Ouest, Florida au Sud.

Si nous passons à la description des reefs proprement dits, nous en trouvons toute une série, le moindre affleurement ayant aussitôt donné lieu à de nombreuses demandes en concessions; ces reefs sont assez fortement disloqués, souvent discontinus et, d'une concession à l'autre, ont été assimilés souvent très hypothétiquement.

Le principal est, de beaucoup, le *Main reef* avec ses veines connexes ou *leaders*, sur lesquelles se sont faites, d'abord, presque toutes les exploitations fructueuses. En dehors du Main reef, le Black reef a également donné quelques bons résultats.

Ceci dit, les principaux reefs reconnus sont, du Nord au Sud : Botha's reef, Erasmus reef, Main reef, Bird ou Hibernia reef, Kimberley, Freestate et Sunday reefs, Government reef (Black reef), Ras reef, Harris reef, du Preez's reef. On en cite d'ailleurs plus d'une trentaine.

Quelques mots seulement sur certains d'entre eux avant d'arriver au Main reef (*).

Le Botha's reef va de la ferme de Droogeheuvel à celle de Vogelstruisfontein; M. Aubert parle d'un rendement aux essais de 30 à 120 grammes d'or à la tonne. Rien n'est d'ailleurs plus incertain et plus variable d'un point à l'autre que ces chiffres de teneurs, donnés seulement ici pour fixer les idées.

L'Erasmus reef est exploité à Roodeport, Vogelstruisfontein, etc.

Les Kimberley, Freestate et Sunday reefs forment une

(*) Voir Pl. II, *fig*. 3.

ligne continue par Witpoortje, Roodeport, Vogelstruisfontein, Elandsfontein, etc.

Le Black reef est connu à l'Ouest sur Luipaardsvlei et Doorn Kop reef; il fait d'assez fortes sinuosités et est exploité sur Roodeport à l'Est. On annonce une teneur de 30 à 240 grammes.

A Heidelberg, on exploite surtout trois reefs spéciaux, le Nigel, le Marais et le Rimilo.

Enfin, à Potchefstroom et à Klerksdorp, plusieurs reefs sont reconnus, mais on en est encore à la période de recherches et d'installations.

Le *Main reef* (ou reef principal), sur lequel nous insisterons davantage, a déjà été mis à jour sur un parcours de plus de 30 kilomètres. Il comprend non pas un reef unique, mais un faisceau constitué, en réalité, de cinq veines.

South reef: de 0,20 à 1 mètre de puissance; jusqu'à 10, 11, 12 onces d'or à la tonne;

Middle reef: 0,10 à 0^{mm},60 d'épaisseur;

A 30 à 40 mètres du précédent: main reef leader, le plus riche de la région en général: 0,15 à 0,60 de puissance; 2 à 6 onces d'or.

Main reef proper: 2 mètres de puissance; au maximum 1 once d'or à la tonne. On l'a un peu négligé jusqu'ici quoique sa puissance y rende le travail facile.

North reef, peu exploité jusqu'ici: 0,30 à 1 mètre de puissance: moins de 1 once d'or à la tonne.

C'est sur ce faisceau que sont situées à peu près toutes les grandes compagnies du Witwatersrand parmi lesquelles nous citerons de l'Est à l'Ouest, Witwatersrand, Simmer and Jack, Stanhope, Geldenhuis, Percy, Jumpers, Heriot, City-suburban, Robinson, Johannesburg, Crown reef, Langlaagte, Crœsus, Tharsis, Main reef, Aurora, Vogelstruis, Kimberley, Roodeport, etc.

Mais il convient de noter de suite que le faisceau complet des cinq veines n'existe qu'exceptionnellement dans

une même concession comme dans la Robinson ; en général, on n'en trouve que deux ou trois réunies. C'est ainsi que, d'après M. Dupont (*), la Jumper's Company n'a que le North reef et le Main reef, tandis que les Compagnies Charlton and Meyer, Bantjes, Princess ont les séries Sud. Parfois ces reefs secondaires disparaissent et il ne reste plus que le Main reef proper : ainsi sur la Compagnie Henri Nourse.

C'est assez dire que ces reefs sont loin d'être continus en direction d'un bout à l'autre de la zone aurifère. La zone la plus homogène se trouve au voisinage immédiat de Johannesburg, où le Main reef proper a été constaté sur plus de 35 kilomètres depuis la Compagnie Banket à l'Ouest jusqu'à la Compagnie Knights à l'Est, sans rejet de plus de 30 mètres. Souvent les conglomérats passent progressivement aux quartzites encaissants, qui se chargent de galets analogues et deviennent légèrement aurifères. En outre, il existe de très nombreuses failles, dont l'une dans la mine Charlton et Meyer s'est trouvée, paraît-il, amener le Main reef leader exactement dans le prolongement du Main reef. En profondeur, les couches semblent souvent se rapprocher de l'horizontale.

En ce qui concerne la structure intime des conglomérats aurifères, nous les voyons, tantôt formés exclusivement de galets de quartz vitreux ou hyalin généralement plus petits qu'un œuf et cimentés par une pâte siliceuse et ferrugineuse, tantôt de galets de roches diverses : quartzites, granites, etc., associés au quartz ; on y rencontre alors une certaine abondance de talc, mica, etc.

L'or est irrégulièrement réparti dans la masse ; mais il semble impossible d'admettre qu'il y ait été apporté postérieurement par quelque venue filonienne. C'est bien à

(*) *Loc. cit.*, p. 68.

des gîtes sédimentaires que l'on a affaire, soit que la venue de l'or ait été contemporaine de la sédimentation, soit plutôt, comme nous le verrons, qu'elle ait été antérieure.

Quelques remarques peuvent permettre de se faire une idée à ce point de vue. C'est ainsi que la plupart des observateurs sont d'accord pour affirmer que l'or se trouve plutôt dans la gangue que dans les galets et surtout à la périphérie de ces galets. Lorsqu'on enlève l'un d'entre eux, on voit souvent la cavité tapissée de petits cristaux d'or.

D'autre part, l'or affecte généralement une tendance à la cristallisation et se présente en grains, dont on peut rattacher les faces à celles du cube.

Enfin, dans toute la partie supérieure des reefs (seule exploitée actuellement) et jusqu'à environ 30 à 50 mètres de profondeur, il est à l'état libre au milieu de roches souvent désagrégées et surchargées d'oxyde de fer par altération météorique ; on peut alors l'extraire par simple broyage et amalgamation (*free milling ore*) ; au contraire, en profondeur, les oxydes de fer disparaissent et l'or ne se trouve plus que dans les pyrites.

On est donc tout naturellement conduit à admettre que l'or a été apporté dans les conglomérats à l'état d'inclusion dans la pyrite et que son isolement dans les gisements de surface tient uniquement à une réaction secondaire : fait confirmé par une observation de M. Demaffey, qui a remarqué dans le ciment de ces conglomérats supérieurs de nombreux vides cubiques résultant de la dissolution de pyrites et, dans les parties où ces cavités étaient le plus abondantes, un certain enrichissement en or. On pourrait également expliquer par l'intervention des actions météoriques ce fait avancé par M. Altford que les zones riches des bancs exploités ont, lorsque ces bancs sont très redressés, une tendance à suivre la ligne de

plus grande pente. Cette disposition, si elle est réelle, est évidemment incompatible avec l'hypothèse d'une dissémination de l'or dans la strate sous sa forme actuelle au moment du dépôt, par suite avant le redressement.

Il n'y a là d'ailleurs rien qui doive nous étonner et l'association habituelle de l'or soit avec la pyrite de fer, soit avec des sulfures complexes ou avec des composés de métalloïdes analogues au soufre, comme le sélénium et le tellure, est bien connue.

L'or, réparti en très faibles proportions dans de grandes masses sulfurées, s'y est souvent concentré en deux temps successifs, d'abord dans certaines veines de chalcopyrite ou cuivre gris peut-être contemporaines de la solidification de la masse, puis dans ces veines mêmes, sur leurs affleurements (*). C'est une des raisons pour lesquelles les gisements d'or passent pour s'appauvrir en profondeur; c'est aussi, sans doute, une des causes pour lesquelles les anciens ont tiré de l'or de gîtes qui ne nous donnent plus aujourd'hui que des sulfures de fer, de cuivre, zinc, etc., et pour lesquelles la vieille Europe, dont tous les affleurements aurifères ont été dès longtemps épuisés, est aujourd'hui si pauvre en métaux précieux par rapport aux autres parties du monde.

Si l'on cherche des points de comparaison dans les gisements d'or connus, on pourrait en citer de nombreux.

Au Queensland et en Tasmanie, on connaît des poudingues siluriens aurifères analogues à ceux du Cap.

Au Brésil, l'or se trouve fréquemment à l'état libre en veines dans l'itabirite (oxyde de fer); M. Gorceix ne serait pas éloigné de croire que l'itabirite a été formée par

(*) Ces affleurements à leur tour, enlevés par les érosions, ont subi dans les cours d'eau une nouvelle concentration tant mécanique que chimique, qui explique souvent la richesse des gisements d'alluvions.

l'oxydation d'un sulfure et que l'or se serait isolé dans ce phénomème.

Dans les monts Guadarrama, en Espagne (sierra Jadena) (*), on trouve, au milieu de bancs de quartzites, grès et conglomérats, des lentilles de quartz dont la puissance atteint $0^m,50$. Ces lentilles de quartz sont particulièrement aurifères lorsqu'elles sont corrodées et ferrugineuses.

A Burnt-Hickory, en Géorgie (**), des micaschistes contiennent des amas de pyrite aurifère ; les affleurements sont formés de limonite avec pores tenant de l'or natif, etc.

Dès lors, admettant que l'or a cristallisé d'abord dans les pyrites, il reste à savoir si ces pyrites se sont déposées dans le bassin de sédimentation où se sont formés les conglomérats, ou si ces conglomérats résultent de la destruction de terrains ayant contenu des filons de pyrite aurifère. On ne pourra être absolument fixé sur ce point que lorsqu'on aura étudié les parties pyriteuses encore inexploitées des gîtes ; cependant la seconde hypothèse nous paraît *a priori* la plus vraisemblable, surtout si nous tenons compte de la présence, que M. Boutan nous a dit avoir constatée, de galets de pyrite dans le gisement.

En résumé, l'or des conglomérats exploités au Witwatersrand nous semble résulter de la destruction de filons pyriteux ayant existé sur le pourtour du bassin dévonien. La venue de l'or serait donc antérieure au dévonien, peut-être contemporaine de celle des filons d'Australie qui, recoupant le cambrien et le silurien, s'arrêtent toujours devant les terrains plus récents de la région (***). Il est

---

(*) Schmidt, *B. u. H. Z.*, 1868, p. 11 ; v. Groddeck, p. 167.
(**) V. Groddeck, p. 164.
(***) V. Groddeck, p. 177.

possible que les érosions, s'étant attaquées aux affleurements de ces filons, en aient déjà, par un premier commencement de concentration, pris les parties les plus riches. Peut-être peut-on expliquer également la présence de l'or dans le ciment plutôt que dans les galets de quartz par la trituration plus longue et plus complète qu'ont subie dans l'eau les débris fins ayant produit ce ciment, en même temps que par la friabilité des galets de pyrite qui ont dû entrer surtout dans la formation de cette gangue.

En dehors des conglomérats, l'or se présente au Witwatersránd sous une autre forme, dont il nous reste à dire deux mots : ce sont tantôt des délits de quartz aurifère avec talc et argile ferrugineuse plus ou moins parallèles à la stratification, tantôt de petites fissures superficielles comparables à des filons, mais limitées en profondeur. Autant qu'on peut en juger d'après des descriptions incomplètes, l'or semblerait là également provenir des pyrites voisines et s'être concentré par des réactions secondaires.

Ces généralités posées, il ne nous reste plus, pour terminer ce qui est relatif au Witwatersrand, qu'à préciser ce que nous venons de dire par quelques détails sur les trois compagnies ayant eu jusqu'ici la plus forte extraction : Robinson, Langlaagte et Jumpers (*).

Compagnie de Robinson. — La compagnie de Robinson (n° 27, Pl. II, *fig.* 3) a été fondée en 1887 au capital de

(*) Nous avons choisi comme types ces trois mines uniquement parce que leur extraction a été la plus forte ; il va de soi que nous n'entendons pas là émettre aucune espèce d'appréciation sur leur valeur industrielle comparativement aux autres. De même que, pour les épaisseurs, teneurs, etc., nous reproduisons les chiffres donnés par les compagnies sans en prendre le moins du monde la responsabilité.

1.250.000 francs; ce capital a été porté, au début de l'année 1889, à 68.750.000 francs en 550.000 actions de 125 francs, dont 66.718.570 francs attribués aux anciens actionnaires et le reste en réserve. Le bénéfice déclaré pour 1889 a été de 4.387.600 francs (dividende : 6f,25), et, pour le premier semestre de 1890, de 1.917.870 francs. Elle a produit en trois ans 3.184 kilogrammes d'or. Pendant le mois de novembre 1890, on a annoncé que 40 pilons y avaient broyé 3.830 tonnes de minerai et produit 6.034 onces d'or. Dans le premier semestre de 1890, il a été produit 36.658 onces d'or contre 75.038 dans toute l'année 1889 et le rendement moyen en or a été de 2onces,5 à la tonne.

Cette mine a été jusqu'ici la plus riche et la plus productive du Witwatersrand. On y connaît, d'après le rapport aux actionnaires du 30 juillet 1890 : le North reef avec 0m,45 de large, le Main reef avec 3m,65, le Main reef leader avec 0m,457, le Middle reef avec 0,91, le South reef avec 0m,457.

Au 1er janvier 1890, les travaux souterrains étaient desservis par cinq puits, reliés par des galeries d'allongement à un travers-bancs conduisant le minerai aux pilons. La mine est exploitée par trois étages : à 15 mètres (adit-level), à 40m,80 et à 63 mètres. On commence à y abattre les pyrites qui apparaissent lorsqu'on s'enfonce.

Les rendements annoncés par la compagnie ont été les suivants :

1er étage.	Main reef leader (de 0m,30)	99gr,48 d'or
	Middle reef (de 0m,60)	68 ,39
2e étage.	Main reef leader (de 0m,30)	166 ,33
	Middle reef (de 0,30 à 0m,45)	80 ,83
	South reef (de 0,60 à 0m,65)	132 ,15

A 63 mètres de profondeur, on ne trouve plus que des pyrites; la compagnie annonce que le South reef (de

0m,225 de large) a donné à l'essai 94 grammes; le Main reef leader, 63 grammes, et le Main reef, 38 grammes.

Au commencement de 1890, le premier niveau était déjà dépilé; à l'étage de 40 mètres, on déclarait :

Main reef. .	Longueur enlevée.		191m
	Longueur restant à prendre jusqu'aux limites de la concession.	d'un côté.	124
		de l'autre.	798
Middle reef. .	Longueur enlevée.		128
	A prendre		103 et 883
South reef. .	Longueur enlevée.		297
	A prendre		125 et 692

Les frais de travaux de mine et de broyage ont été en 1890 de 52 francs par tonne, auxquels il faut ajouter 9 francs pour amortissement et frais généraux.

2° *Compagnie de Langlaagte estate.* — Cette compagnie a été fondée au capital de 11.250.000 francs en actions de 125 francs, dont 10 millions aux vendeurs et 500.000 fr. en réserve (dividende de 36f,25 en 1889). L'extraction a été, en 1889, de 56.380 tonnes de minerai ayant donné 62.622 onces d'or. Depuis son origine, cette mine a produit 2.270 kilogrammes d'or.

Les gisements exploités sont le Middle reef et le South reef, qui ont une inclinaison de 43 à 45 degrés, une puissance de 1m,35 et 0m,675 et une teneur (d'après la compagnie) allant jusqu'à 186 grammes.

En 1888, la valeur de l'or obtenu a été de 915.075 fr., les frais d'exploitation de 324.800 francs, le bénéfice net, en raison de divers accessoires, de 783.875 francs.

En 1889, cette compagnie s'est séparée et a recédé une partie de sa concession à une nouvelle société, la Langlaagte block B. estate C° (n° 16', *fig.* 3). En outre, en février 1889, il s'est formé une compagnie pour aller rechercher les mêmes filons en profondeur, la Langlaagte

block B. deep level C°. Cette compagnie, en janvier 1890, avait atteint à 113 mètres de profondeur, par un sondage au diamant, une couche de conglomérats dont elle n'annonçait pas la teneur en or.

Dans la Langlaagte estate Company, le nombre des claims est de 31 (à 997.500 francs le claim), le nombre des pilons de 25, le rendement par tonne de 1^{once},10; les frais d'extraction montent à 43 francs.

Compagnie Jumpers (Jumpers g. m. Company). — La compagnie Jumpers a été fondée, en 1887, au capital de 1.050.000 francs, en actions de 125 francs dont 675.000 aux vendeurs. Elle exploite le Main reef qui a là 70 degrés d'inclinaison et une teneur déclarée de 32^{gr},64 (1^{once},10), le Main reef leader et le South reef. Le nombre des ouvriers est de 150 blancs et de 500 nègres. En 1887, la mine a été en perte; en 1889, elle a pu distribuer 20 p. 100 de dividende pour le premier semestre. Elle a produit, depuis l'origine, 1.169 kilogrammes d'or.

Les chiffres suivants résument les frais d'exploitation:

	NOMBRE de bocards	TONNES bocardées	RENDEMENT en onces	FRAIS d'extraction	TRANSPORT du minerai	TRAITEMENT	FRAIS généraux	FRAIS par tonne
Juillet 1889.	30	1.574	1.431	13,02	1,90	14,40	15,85	45,27
Janvier 1880.	70	5.644	3.100	14,05	0,75	12,75	8,05	35,00

Le rendement moyen, du 1er février au 1er août 1889, a été de 28^{gr},75 par tonne.

On estimait, au 1er janvier 1890, qu'il restait à prendre au premier étage, à 24 mètres de profondeur : sur le Main reef, 30.000 tonnes; sur le South reef, 162.000 tonnes, et au second étage, à 42 mètres, 280.000 tonnes.

2° *District de de Kaap.* — Le district aurifère de de

Kaap dont la ville de Barberton occupe le centre (*) se trouve à la limite Est du Transvaal, au S.-E. de Lydenburg, entre le fleuve Umcomati qui se jette dans la baie de Delagoa et un de ses affluents, le Crocodile.

C'est une vallée d'environ 40 kilomètres de diamètre arrosée par la rivière de de Kaap et ses affluents : Queen's river, Kaap Nord, Kaap Sud, et dominée de tous côtés par des montagnes escarpées. Ce pays, assez fiévreux et très aride, est encore d'un accès difficile. L'extrémité du chemin de fer de la baie de Delagoa est à 160 kilomètres de Barberton. Celui de Natal s'arrête à Ladysmith, au Sud des houillères de Newcastle (près Utrecht), à plus de 300 kilomètres.

Comme terrains géologiques, on trouve au voisinage : granite recoupé de granulite, silurien (ou dévonien) et Karoo.

Les terrains anciens sont représentés par des schistes, grès et quartzites concordants entre eux, mais fortement plissés qui forment la chaîne des montagnes du Makongwa entre Barberton et le Swazieland. Les quartzites sont fréquemment aurifères et contiennent l'or associé avec du talc et des pyrites ; c'est sur l'une d'elles qu'est située, d'après M. Altford (**), la mine de Sheba où le rendement a été un moment de 6 onces d'or à la tonne.

A l'Ouest de la vallée de de Kaap, on trouve en outre une série de grès passant à des quartzites avec des conglomérats aurifères qu'on peut rapprocher de ceux du Witwatersrand. On n'est pas absolument certain que ces couches appartiennent au même étage que celles de Makongwa que nous venons de mentionner : à Kantoors et sur tout l'Ouest de la vallée de de Kaap, il y a en effet, paraît-il, discordance entre elles, tandis que la concor-

(*) Voir Pl. II, *fig.* 4.
(**) *Witwatersrand review* (février 1890).

dance existerait dans toute la partie Est. Aucun fossile n'a jamais été rencontré dans ces terrains.

Enfin, au-dessus, nous recoupons une série de grès quartzifères d'âge manifestement plus récent, blancs ou jaunâtres, régulièrement stratifiés et contenant quelques couches de houille qui forment tout le plateau (highveldt) et qu'on doit rattacher au Karoo.

De nombreuses éruptions de mélaphyres traversent l'ensemble de ces couches, les métamorphisent au contact et s'y interstratifient localement.

M. Altford a distingué quatre gisements d'or différents:

1° Dans les quartzites interstratifiés;

2° Dans les conglomérats;

3° Dans des fissures de la surface et des délits (surtout au voisinage des mélaphyres);

4° Dans les alluvions.

1° Les bancs de quartzite forment des saillies qui se prolongent sur de grandes longueurs; on peut voir toutes les transitions entre ces roches et les grès. C'est sur l'une de ces couches qu'on exploite les mines de Sheba et d'autres mines importantes.

« Il est, dit M. Altford, assez difficile de se rendre compte de la façon dont l'or s'y présente. La texture des parties aurifères est semblable à celle des parties stériles; le talc paraît toujours associé à l'or, qui est réparti par zones généralement dans le plan de la stratification. Les lits argileux intercalés entre les quartzites contiennent également de l'or mais inexploitable dans les conditions actuelles. Cependant, un enrichissement en or se produit souvent à leur contact avec les quartzites. Là aussi le talc accompagne l'or. »

Interstratifié entre les quartzites et les argiles, se présente un banc très continu de quartz noirâtre parfois extrêmement riche en or et en contenant des grains vi-

sibles ; on peut le considérer comme un produit de sécrétion au voisinage de la surface.

Un second banc en relation avec celui-là et parfois aurifère est formé de quartz blanc et gris avec pyrite de fer, chlorite, mica lithinifère.

2° Les conglomérats ne jouent, au point de vue industriel, à de Kaap, qu'un rôle assez restreint ; car, à peu près partout, sauf en quelques points des monts Makongwa au Sud de Barberton, ils ont été détruits par érosion. Cependant, il est intéressant de retrouver ici, également aurifère, cette formation qui joue un rôle capital dans le Witwatersrand et qu'on a signalée en plusieurs points de l'Afrique méridionale, près du lac Chrissie, à Middelburg, dans l'État d'Orange, le Natal, le Griqualand, etc.

Les conglomérats de de Kaap sont formés de galets imparfaitement arrondis de quartz blanc ou gris avec un peu de porphyre et quelques autres roches dans une gangue de sable ferrugineux fortement cimentée. Ici aussi l'or semble plutôt dans la gangue que dans les galets.

3° Les fissures, d'après M. Altford, ont été nettement déterminées par le phénomène mécanique qui a accompagné la venue des mélaphyres ; elles ont été postérieurement remplies d'un quartz secondaire parfois très aurifère. Ces veines ont toutes les directions et se présentent parfois comme de petits délits interstratifiés (en particulier dans le district de Jamestown). Le remplissage est formé d'un quartz blanc grisâtre avec des fragments de roches diverses ; les parties aurifères sont, pour la plupart, ferrugineuses. On en exploite quelques-unes à Sheba-Ill, à la ville d'Eurêka et dans l'Est du district.

4° Enfin, les alluvions sont peu étendues, quoique parfois assez riches, dans la vallée de de Kaap. Les meilleurs gisements se trouvent au N.-O., à Barrets-Berlin, Kan-

toor, Waterfall, etc. On a trouvé à Barrets-Berlin, des pépites de 60 onces et une de 100 onces au Waterfall. L'or y a toujours des indices de cristallisation et souvent des faces très nettes.

C'est vers 1875 que l'or fut signalé à de Kaap; les premiers chercheurs s'attaquèrent aux alluvions qui furent reconnues inexploitables. Puis, en 1886, on découvrit les quartzites aurifères de Sheba. Il y eut alors un engouement extraordinaire; les actions de la mine de Sheba passèrent, en quelques semaines, de 1 livre à 50, Barberton devint, dans le même temps, une grande ville. Alors, instantanément, tout s'effondra; les dépenses d'exploitation trop fortes, le manque de force motrice et de bois, la difficulté des moyens de transport, surtout la mauvaise direction réduisirent à néant les bénéfices espérés et, depuis ce moment, ce district n'a jamais retrouvé sa première prospérité. En 1889, la production totale a été de 34.148 onces d'or.

3° *District de Lydenburg.* — A Lydenburg, on exploite soit des filons, soit des alluvions.

Les filons, encaissés dans des schistes talqueux et d'une puissance de 0m,60 à 1m,20, sont formés de quartz aurifère. Il ne semble pas, d'après les descriptions (*), qu'on ait affaire à des veines de sécrétion secondaire, mais à de véritables filons très irréguliers. La teneur moyenne en or varie de 10 à 50 grammes; mais on extrait guère que la moitié de l'or contenu.

C'est vers 1875 qu'on commença les exploitations à Lydenburg; mais, en 1877, à la suite de la guerre des Boërs, la plupart des compagnies firent faillite. Depuis 1886, seulement, une vingtaine de compagnies s'y sont

(*) Voir *Ann. d. Mines*, 2e vol. de 1888, *Bulletin*, p. 540.

reformées. En 1888, on évaluait la production d'or du district à environ 600.000 francs.

4° *District du Zoutpansberg.* — Les champs aurifères du Zoutpansberg ont été les derniers proclamés au Transvaal (oct. 1887). D'après M. Porcheron, les éléments dominants de la formation géologique de cette région sont des granites et des schistes. Ces schistes, siluriens (?), inclinés à 70 degrés environ, forment des collines le long desquelles on a trouvé des filons de quartz aurifère qui recoupent également le granite. L'or existe aussi en alluvions. Il s'est formé immédiatement 25 à 30 compagnies.

5° *District de la Murchison Range.* — Ce district est placé entre Lydenburg et le Zoutpansberg. On y trouve des ardoises chloritiques et des grès cristallins séparés par de minces couches de schistes. L'or se rencontre, dit-on, associé à des pyrites dans des filons de quartz atteignant 3 à 4 mètres de large, dirigés N.-E.—S.-O. et encaissés dans les schistes, les quartzites ou le granite. On n'y a encore fait que des recherches.

6° *Swazieland et Matabeland* (*Tati*). — Le Swazieland est un royaume nègre enclavé entre le Transvaal, l'Amatongaland et les possessions portugaises. L'or y est exploité depuis 1886.

Le Matabeland, situé au Nord-Ouest du Transvaal (au Nord de Chochong), comprend le district aurifère de Tati, traversé par l'explorateur allemand Carl Mauch en 1866, décrit par Hübner en 1872 et aujourd'hui exploité. On y rencontre, au voisinage du granite, des chloritoschistes contenant quelques veines très irrégulières de quartz aurifère, souvent près du contact de ces schistes avec des diorites qui les ont traversés. Hübner considérait l'ex-

ploitation comme impossible, la teneur en or n'étant que de 0^{once},83. Il paraît que cette appréciation était erronée.

D. PROCÉDÉS D'EXTRACTION DE L'OR.

Nous dirons seulement quelques mots du procédé d'extraction de l'or usité dans le Witwatersrand. Comme on a jusqu'ici laissé de côté les pyrites aurifères, ce traitement consiste en un simple broyage aux bocards parfois après concassage, puis première amalgamation sur des tables en cuivre enduites de mercure, passage du minerai restant dans des amalgamateurs ou cuves remplies de mercure, et distillation dans des cornues en fonte. Les résidus ou « tailings », contenant 40 à 50 p. 100 de l'or, ont été réservés jusqu'ici.

La difficulté est de régler le travail des bocards qui s'usent ou se dérangent en tombant, l'inclinaison des tables, la vitesse des courants d'eau. En outre, il reste dans le minerai un peu de sulfures qui retiennent l'or; aussi a-t-on préconisé l'emploi de liqueurs chlorurées ou iodurées, la calcination avec chlorure de sodium suivie d'une dissolution dans l'hyposulfite de soude et d'une précipitation par le sulfate de chaux, etc. Un autre perfectionnement a consisté dans une préparation mécanique introduite entre le bocardage et l'amalgamation ou la chloruration pour enrichir le minerai.

Appendice.

Principales mines d'or du Witwatersrand au 1er janvier 1890.

(Ne sont comptées que celles dont la production totale a dépassé 100kg d'or.)

NUMÉROS du plan fig. 3		CAPITAL social	PRODUCTION en onces			PRODUCTION totale en kilogr.	NOMBRE de bocards
			1887	1888	1889		
1	Aurora, G. M. C°.	1.250.000	»	1.039	3.515	141.583	10
(2)	Angle Tharsis	1.875.000	»	»	»	»	10
(3)	Black reef.	3.875.000	»	490	2.098	80.380	20
(4)	Chimes, G. M. C°	1.250.000	»	931	5.867	211.349	20
5	City and suburban, G.M.C°	1.500.000	1.117	5.192	18.814	781.074	20
6	Crœsus.	1.625.000	»	266	4.226	139.671	10
7	Crown reef.	3.000.000	3.012	29.160		1.000.227	70
8	Durban Roodeport.	2.500.000	81	17.832		556.915	20
9	Geldenhuis estate	3.000.000	508	5.733		194.032	»
(10)	Golden Kopje.	1.875.000	»	2.808	2.217	156.227	20
(11)	Henry Nourse	1.250.000	142	3.228	4.382	241.010	30
12	Heriot.	1.875.000	»	4.920	8.036	402.802	25
13	Johannesburg	525.000	»	4.501	5.735	318.237	10
14	Jubilae	650.000	2.437	4.927	6.505	431.187	15
15	Jumpers.	1.250.000	1.322	13.231	23.390	1.169.648	70
16	Langlaagte estate Central.	11.250.000	1.953	10.024	61.055	2.270.564	70
17	Main reef.	4.500.000	»	3.421	2.572	186.322	20
(18)	May consolidated	11.250.000	171	3.142	9.698	404.512	20
(19)	Mey and Charlton.	1.537.500	4.661	9.541	2.315	513.512	30
(20)	Mint.	337.500	41	4.151	1.755	184.892	5
(21)	Mors rose main reef. . . .	1.500.000	»	5.825	2.087	245.984	20
(22)	— extension. . . .	3.125.000	»	1.101	3.728	150.133	20
(23)	New Grahamstow.	3.750.000	788	2.777	3.200	210.323	10
(24)	New Primrose.	4.375.000	»	1.718	3.644	166.720	20
(25)	Nigel	4.000.000	»	»	5.224	162.414	20
26	Percy	625.000	»	3.766	308	126.660	10
27	Robinson.	68.750.000	1.097	26.285	75.047	3.184.518	40
28	Roodepoort.	2.125.000	829	1.311	2.403	141.241	20
(29)	Royal	875.000	»	4.584	1.567	191.235	10
(30)	Salisbury.	625.000	907	20.973		671.251	20
31	Simmer and Jack.	2.125.000	»	2.892	12.550	480.092	25
(32)	Spes bona.	3.000.000	»	310	350	20.000	20
33	Stanhope.	875.000	860	3.971	7.417	362.136	10
(34)	Steyn estate	3.500.000	58	340	3.273	114.131	10
35	Tharsis.	1.750.000	»	688	1.502	68.087	20
(36)	Wemmer	875 000	2.194	18.477		642.661	30
37	Witwatersrand.	6.250.000	3.200	5.290	2.500	341.679	100
(38)	Wolhuters	1.750.000	360	3.440	3.648	231.558	20
(39)	Worcester exploration. . .	2.500.000	»	5.477	7.842	414.098	20

BIBLIOGRAPHIE GÉOLOGIQUE DE L'AFRIQUE MÉRIDIONALE

(Les ouvrages principaux sur la région des mines d'or ont été désignés par une *).

1855. **Garden.** — Notice on Some cretac. Rocks near *Natal* (Quart. journ. geol. Soc., 1855, XI, p. 453).

1856. **A. Geddes Bain.** — On the geol. of *South Africa* (Trans. geol. Soc., 1856, 2ᵉ série, VII, p. 175-192).

1856. **Dunn.** — Geol. Sketch map of *South Africa.*

1859. **Rubridge.** — On Some Points in the geol. of *South Africa* (Quart. journ. geol. Soc., XV, p. 195).

1866. **Hochstetter.** — Beiträge z. Geol. des *Caplandes* (Reise d. osterr. Fregatte Novara, partie géologique, Vienne, 1866, p. 28).

1867. **Rup. Jones et Tate.** — Sur le *Karoo* (Quart. journ. geol. Soc., *XXIII*, p. 142).

1868. Die Küsten und Landes Vermessung der *Kap* Kolonie (Petermanns geog. Mitth., 1868, p. 23 et 24, Pl. III).

1870. **Sutherland.** — Notes on an ancient Boulder Clay of *Natal* (Quart. journ. geol. Soc., 1870, XXVI, p. 514).

1870. **Griesbach.** — Geol. Durchschnitt durch *Süd Africa* (Jahrb. geol. Reichsanstalt, 1870, XX, p. 50).

1871. **Stow.** — On Some Points of *South Africa* Geol. (Quart. journ. geol. Soc., 1871. XXIII, p. 497).

1871. **Griesbach.** — On the Geol. of *Natal* (Quart. journ. geol. Soc., XXVII, p. 53).

1872. **Hübner.** — Geogr. Skizzen aus *Südost-Afrika* (Peterm. geogr. *mitth.*, 1872, XVIII, p. 422).

1874. **Stow.** — Geol. notes upon *Griqualand* west (Quart. journ. geol. Soc., XXX, p. 581).

1875. **Pinchin.** — A Short Description of the geol. of Part of the East Prov. of the Colony of the *Cape of Good Hope* (Quart. journ. geol. soc., XXXI, p. 106).

*1875. **Cohen.** — Erlaut. Bemerkungen z. d. Routenkarte einer Reise von *Lydenburg* nach. d. Goldfeldern.

1877. **Geppe.** — Notes on Some of the phys. and geol. Features of the *Transvaal* (Journ. geogr. Soc., 1877, XLVII, p. 217).

1878. **Lenz.** — Geol. mittheil. aus *West Afrika* (Verh. geol. Reichsanst., 1878, p. 148).

1880. **Machado.** — Caminho de Ferro de Lourença Margues à Fronteira de *Transvaal* (Bolet. Soc. geogr., Lisbone, 1880, 2 série, t. II, p. 67).

1882. **Osk. Lenz.** — Geol. Karte von *West Afrika* (Peterm. geogr. mitth. 1882, Pl. I).

1884. Kuss. — Note sur la constitution géologique d'une partie de la *Zambésie* (Bull. Soc. géol., 3e série, t. XII, p. 303).

* **1884. Halvernick.** — Geologische Skizze von *Sudost-Afrika* (avec carte géologique) (Petermanns Mitth., t. XXX, p. 441).

1884. Jones. — Geology of *South Africa* (Nature, 2 oct., p. 554).

1884. Penning. — Quart. journ. geol. Soc., nov. 1884, p. 658.

1885. Penning. — Quart. journ. geol. Soc., nov. 1885.

* **1885. Suess.** — Das Antlitz der Erde, t. I, 2e part., p. 500 (voir, p. 539, une bibliographie étendue de l'Afrique du Sud).

1885. *Le Transvaal* (Revue francaise), numéro de décembre.

1886. Boutan. — Le diamant, p. 155.

* **1887. Mathers.** — Golden *South Africa*.

* **1888. Glanville.** — The *South African* Goldfields.

1888. Snitchel. — Diamonds and *Gold of South Africa*, in-8°, Wilson.

1888. Élisée Reclus. — Géographie universelle, t. XIII, p. 603.

1888. Les richesses minérales de la République du *Transvaal* (*Ann. des mines*, t. XIII, Bull., p. 552).

1888. Mines d'or de la République du *Transvaal* (*Ann. des mines*, t. XIV, Bull., p. 540).

1888. W. H. Penning. — Journ. Soc. Arts., 9 mars 1888, p. 437.

* **1889. O. Feistmantel.** — Uebersichtlige Darstellung der geologisch-paleontologischen Verhältnisse *Süd-Afrikas*. (Ce travail donne une bibliographie développée des ouvrages géologiques antérieurs.)

1889. Lemaire et Dupont. — Carte des mines d'or et de diamant du *Cap* (Revue française de l'étranger et des colonies, 1er sept. 1889).

1889. Les Mines d'or de l'*Afrique du Sud* (Revue scientifique, numéro du 19 oct. 1889).

* **1890.** The Witwatersrand mining and metallurgical review (Revue mensuelle consacrée aux mines d'or de l'Afrique du Sud) : articles d'**Altford**, en janvier, février, mars 1890 ; articles de **W. H. Penning**, en septembre, etc.).

* **1890. Dennis Edwards.** — The Gold-fields of *South Africa*.

* **1890. H. Dupont.** — Les mines d'or de l'*Afrique du Sud*, 1 vol. in-8°.

1890. Goldfields of *South-Africa*, comprising the history, extent, locality and geological formation of the various goldfields. Capetown.

1890. Fr. Pollak. — Les principales mines du *Witwatersrand*.

1890 (1887-90). Rapports divers de **M. Demaffey** (directeur des mines de Tati, en Matabeland), de **MM. Carl, G. Hanau, Howitt, Jones Beta, P. Jones**, etc., cités dans un rapport de **M. Aubert**, consul de France, à Pretoria.

LÉGENDE EXPLICATIVE DE LA PLANCHE II.

Fig. 1. — Carte géologique de l'Afrique méridionale au 1/12.500.000ᵉ.

Fig. 2. — Ligne d'affleurements des conglomérats aurifères du Witwatersrand au 1/1.800.000ᵉ.

Fig. 3. — Plan général des concessions et des reefs du Witwatersrand.

Fig. 4. — Carte du district de de Kaap.

TABLE DES MATIÈRES.

Pages

A. — Historique 102

B. — Géologie générale de l'Afrique du Sud 107

C. — Description des gisements aurifères. 111

- 1° Districts du Witwatersrand, de Klerksdorp et d'Heidelberg. . 111
- 2° District de de Kaap 122
- 3° District de Lydenburg. 126
- 4° District du Zoutpansberg. 127
- 5° District de la Murchison range 127
- 6° Swazieland et Matabeland (Tati). 127

D. — Procédés d'extraction de l'or 128

Appendice. — Principales mines d'or du Witwatersrand au 1ᵉʳ janvier 1890. 129

Bibliographie. 130

Légende explicative de la Pl. II. 132

NOTE

SUR LES

DANGERS DE L'EMPLOI DES BOULONS A CHARNIÈRE

POUR MAINTENIR

LES OBTURATEURS AMOVIBLES DE CERTAINS RÉCIPIENTS DE VAPEUR

Par MM. POLONCEAU et OLRY,
Membres de la Commission centrale des machines à vapeur.

Une explosion survenue le 4 octobre 1888, chez M. Ferlat, teinturier à Roanne (Loire), a appelé notre attention sur les dangers qui peuvent résulter du fonctionnement d'appareils de divers types, employés dans l'industrie pour soumettre les matières à élaborer à l'action de la vapeur, lorsque la nécessité de les ouvrir et de les fermer rapidement conduit à les pourvoir de portes ou de couvercles amovibles, dont les joints sont maintenus au moyen de boulons à charnière ou de dispositifs équivalents.

Ces appareils sont relativement nombreux; ils servent à des usages variés, tels que le vaporisage des fils ou des tissus de coton, la vulcanisation du caoutchouc, la distillation des matières alcooliques, etc.

Dans une disposition assez répandue, leurs portes ou couvercles sont convexes dans la partie centrale, avec une faible flèche, et présentent à la périphérie un bord

plat qui vient s'appliquer et former joint contre une bride de même diamètre portée par le corps du récipient; pour que ce joint puisse s'établir ou se démonter rapidement, on le serre au moyen de boulons adaptés à charnière autour de l'orifice à fermer, et que l'on rabat dans des encoches qui se correspondent sur le pourtour de l'obturateur et sur celui de la bride fixe; dans l'intervalle, on place une rondelle ou un boudin de caoutchouc, et on opère le serrage au moyen d'écrous qui viennent s'appuyer sur le bord de la porte ou du couvercle.

On conçoit qu'un pareil système se prête à des manœuvres rapides; mais, à côté de cet avantage, il présente un double danger lorsque la pression intérieure est quelque peu considérable : en premier lieu, sous l'influence de cette pression, l'obturateur tend à se bomber et à prendre à la fois une flèche plus grande et un diamètre moindre, ce qui porte son bord à glisser au-dessous des écrous appliqués contre lui; en second lieu, ce mouvement est favorisé par l'intercalation, entre les deux surfaces planes en présence, du boudin ou de la rondelle en caoutchouc, c'est-à-dire d'une substance manquant de fixité et d'adhérence. Et comme le bord de la porte ou du couvercle n'est pas retenu par les corps des boulons, il arrive parfois que la pression des écrous est insuffisante pour le maintenir; il se dégage alors de ceux-ci et l'obturateur est projeté à distance. Lorsque cela arrive, on constate souvent que les boulons à charnière ont résisté, au moins pour le plus grand nombre, et qu'ils ont été seulement rabattus à l'extérieur du récipient. On s'explique d'autant mieux cet effet que, par suite du bombement du diaphragme, son bord, qui n'est pas en contact immédiat avec la bride fixe, mais en est séparé par une certaine épaisseur de caoutchouc, prend une conicité en raison de laquelle les boulons commencent à se déverser au dehors; il peut même se faire que cette conicité existe au

préalable dans une certaine mesure, comme conséquence de l'action énergique et prolongée des écrous en porte-à-faux sur le pourtour de l'obturateur. Dans tous les cas, on conçoit que la pression de la vapeur puisse déterminer la projection de la porte ou du couvercle sans rupture de ses attaches, grâce au bombement de sa partie centrale, à la déformation par conicité et au glissement de son bord entre le caoutchouc et les écrous qui assurent le joint, enfin au renversement des boulons à l'extérieur de l'appareil.

Ce sont là précisément les phénomènes qui ont accompagné l'explosion de Roanne. Dans le but de les suivre dans leur développement, et aussi d'en donner une démonstration complète, nous avons eu l'idée de les reproduire expérimentalement en agissant par pression hydraulique sur un obturateur identique, comme forme et dimensions, à celui du récipient de la teinturerie Ferlat. Ces expériences ont eu lieu dans les ateliers de la compagnie du chemin de fer de Paris à Orléans, et elles nous ont donné les résultats les plus concluants. Depuis lors, il s'est produit, à notre connaissance, six autres explosions du même genre, dont plusieurs ont eu de très graves conséquences. Frappés de cette succession d'accidents, tous dus à des causes analogues, nous avons jugé qu'il serait intéressant de faire connaître par cette note les résultats de nos opérations. Auparavant, nous donnerons un récit sommaire des divers accidents dont nous venons de parler, en commençant par celui de Roanne.

Accident du 4 octobre 1888. — *Teinturerie de M. Ferlat, à Roanne* (*Loire*). — Le récipient, appelé *évaporiseuse*, était de forme cylindrique (*fig.* 1 et 2, Pl. III), avec diamètre intérieur de $1^{m},35$, et reposait horizontalement sur deux tréteaux en fer. Il était fermé à l'avant par une porte circulaire, mobile autour d'une charnière verticale.

Cette porte était constituée par une tôle de fer de 10 millimètres d'épaisseur, plane sur son pourtour seulement, et emboutie partout ailleurs de manière à avoir au centre une flèche de $0^m,12$. Elle était renforcée sur le bord par une rondelle en fer de $0^m,13$ de largeur et de 17 millimètres d'épaisseur disposée à l'extérieur, et venait s'appliquer sur une bride en fonte qui terminait le corps de l'appareil.

Le joint, représenté en détail par la *fig.* 3, Pl. III, était formé par un boudin en caoutchouc de $0^m,03$ de diamètre, qui s'engageait dans une rainure circulaire de la bride; la pression était produite au moyen de dix-huit boulons de 29 millimètres de diamètre attachés par des charnières au corps cylindrique, et que l'on serrait à l'aide d'écrous à anneaux, après les avoir rabattus dans des entailles de $0^m,09$ de profondeur pratiquées sur le pourtour de la bride et sur celui de la porte.

Ce récipient était fixe; il était timbré à 4 kilogrammes et pourvu d'une soupape de sûreté et d'un manomètre. Il servait au vaporisage des fils de coton; à cet effet, il présentait à l'intérieur deux rails en fer sur lesquels roulait un chariot chargé de matière; la vapeur y pénétrait à la partie inférieure par un tuyau en cuivre percé de trous et recouvert d'une mince feuille de cuivre sur toute sa longueur, de manière à préserver le coton d'un jet direct qui aurait nui à son traitement. Un petit orifice muni d'un robinet servait à l'évacuation de l'eau de condensation. Dans le haut de l'appareil, une plaque arquée à double fond, dite *ciel de chauffe*, reposait sur deux cornières; elle recevait directement la vapeur de la chaudière, qui y circulait et la maintenait ainsi à une température élevée, ce qui empêchait l'eau de condensation de retomber sur les fils de coton.

Le 4 octobre 1888, l'appareil, dont l'installation venait seulement d'être terminée, avait été mis pour la première

fois en pression. Après un essai qui avait duré une demi-heure, et dont le but avait été de s'assurer de la solidité des joints, on ouvrit la porte, on mit le chariot en place et on en graissa les roues ainsi que le chemin de roulement; puis on referma la porte et on admit de nouveau la vapeur. Quelques minutes après, une fuite s'étant déclarée entre deux des boulons supérieurs de fermeture, n°s 2 et 3 ou 3 et 4 (*fig.* 4, Pl. III), M. Ferlat resserra quelques-uns de ces boulons. Il se servit d'abord de leviers en bois, mais l'un d'eux s'étant cassé, il alla prendre une barre de fer de 1 mètre de longueur, à l'aide de laquelle il continua le serrage en passant l'une de ses extrémités dans les anneaux des écrous, et en exerçant à l'autre un violent effort. Pendant qu'il était occupé à ce travail, la porte du récipient se sépara subitement de la bride contre laquelle elle était appliquée et fut projetée à environ 6 mètres vers l'avant; une partie de son bord, qui s'en était détachée, fut retrouvée à peu près dans la même direction, 25 mètres plus loin; elle s'était divisée en deux fragments, peut-être parce qu'elle s'était brisée dans les chocs qu'elle avait subis contre divers obstacles avant de tomber sur le sol. Quelques autres menus débris ont été projetés dans le voisinage. Le reste de l'appareil a peu souffert et a été légèrement déplacé vers l'arrière; M. Ferlat a eu la tête écrasée et est mort sur le coup; le chauffeur a été jeté par terre, mais n'a eu aucun mal.

Au moment de l'explosion, la pression était de 3^{kg},750 environ dans la chaudière qui fournissait la vapeur, et de 3 kilogrammes dans le récipient.

M. l'Ingénieur des mines Primat, qui a procédé à l'enquête, a constaté, par des essais de résistance, que le métal des boulons et celui de la porte étaient d'assez bonne qualité. Cependant il a été possible de déterminer la rupture d'un boulon par le seul serrage de l'écrou, opéré au moyen d'une barre de fer identique à celle dont

M. Ferlat s'était servi, mais ce résultat n'a pu être obtenu qu'en procédant par secousses et par chocs répétés.

Ajoutons que trois seulement des boulons, nos 6, 8 et 1 (*fig.* 4, Pl. III), ont été cassés; tous les autres sont restés intacts. Quant à la porte, elle s'est déformée, ce qui lui a permis de glisser entre les écrous et la bride en fonte. Cette déformation s'est traduite par une ovalisation dans le sens vertical, par une augmentation de la flèche de la partie emboutie, et par la forme presque exactement tronconique qu'ont prise le bord en contact avec la bride et la rondelle de fer qui lui était superposée.

En outre, ce bord et cette rondelle se sont rompus ou fissurés suivant les axes d'un assez grand nombre d'entailles (*fig.* 4, Pl. III); en même temps, ces dernières ont été légèrement déformées par la compression et le glissement des boulons lors de la projection de la porte.

La fuite de vapeur que M. Ferlat combattait en serrant les boulons se trouvait à la partie la plus élevée du joint, tandis que les trois boulons qui ont été cassés appartenaient à sa moitié inférieure. Dès lors, on est amené à rejeter l'hypothèse d'après laquelle l'accident aurait été amené par une rupture de boulon; cette rupture a été la conséquence et non la cause de l'explosion.

D'autre part, la forme et les dimensions de la porte ne lui permettaient guère de résister à une pression intérieure quelque peu élevée, étant donné que son bord n'était pas invariablement maintenu. On s'explique donc que, sous l'action d'une pression interne de 3 kilogrammes, elle ait pu, en raison de la déformation qu'elle subissait, glisser entre les écrous et la bride du récipient sans occasionner la rupture de la plupart des boulons, qui ont été simplement rejetés à l'extérieur. La rondelle circulaire, qui consolidait son bord, a pris de cette manière une forme à peu près tronconique; mais elle n'a pu le faire, en raison de l'irrégularité de l'action exercée sur elle, sans

se rompre à plusieurs places, au droit de ses parties les plus faibles ; la tôle de la porte a également été fissurée dans des conditions analogues. Dans la région supérieure, où son bord était plus solidement maintenu qu'ailleurs, il s'est en outre produit une cassure en pleine tôle dont l'effet a été de détacher les fragments qui ont été retrouvés à part ; cette cassure a pris naissance, comme on devait s'y attendre, vers la circonférence suivant laquelle la partie plane se raccordait avec la superficie emboutie ; la plaque pouvait être considérée, à peu de chose près, comme encastrée vers cette circonférence par l'effet du serrage des dix-huit boulons ; c'est donc dans cette région qu'elle éprouvait la plus grande fatigue, et c'est là également que les déformations résultant de la pression intérieure avaient leur origine, comme à partir d'une sorte de charnière, lorsque les boulons étaient capables d'empêcher le bord de l'obturateur de glisser au-dessous d'eux. Toutes ces circonstances tendaient à créer là une ligne de rupture, même dans le cas d'une tôle non altérée par l'emboutissage, et c'est en effet à la jonction du bord plan et de la partie centrale en forme de calotte sphérique, que la déchirure s'est produite, à l'endroit où les boulons étaient le plus fortement serrés.

Accident du 19 *mai* 1889. — *Manufacture de caoutchouc de MM. les fils de J. Brunesseaux, à Saint-Denis* (*Seine*). — Le récipient, de forme cylindrique horizontale, à fond embouti et à couvercle bombé (*fig.* 5, Pl. III), avait $0^m,778$ de diamètre. Suivant sa base antérieure, il était garni au dehors d'une couronne en fonte, à profil de cornière, rivée sur lui. Son couvercle, qui avait une épaisseur de 52 millimètres et une flèche de 95 millimètres, était également en fonte et présentait à la périphérie une portée plane qui venait se placer en face de la bride de la couronne. Le joint était formé par un boudin en caoutchouc,

qui s'engageait dans une rainure circulaire de la bride fixe ; la pression devait être produite, sur le pourtour de celle-ci, par seize boulons à charnière de 25 millimètres de diamètre, disposés de manière à pouvoir se rabattre dans des encoches existant sur le bord de la couronne et sur celui du couvercle (*fig.* 6 et 7, Pl. III) ; l'articulation de chaque boulon était constituée par une broche traversant les deux oreilles venues de fonte d'une chape située dans l'angle rentrant de la couronne. Les écrous agissaient d'ailleurs par l'intermédiaire de rondelles métalliques plus ou moins nombreuses ou épaisses sur la face extérieure du couvercle, qui présentait des saillies en relief à leur contact autour de chaque encoche.

Ce récipient, qui avait été construit en 1880, était employé à la vulcanisation des ballons de caoutchouc vendus comme jouets d'enfants. Il recevait de la vapeur d'une chaudière Roser, timbrée à 10 kilogrammes ; il portait un robinet de purge, un robinet de décharge de vapeur et un manomètre, mais était dépourvu de soupape de sûreté. On manœuvrait son couvercle au moyen d'une potence en fer tournant autour d'un axe vertical. Il avait subi l'épreuve légale en 1884 pour le timbre de 6 kilogrammes.

Il était en pression depuis une vingtaine de minutes quand l'explosion se produisit par la projection du couvercle dont les attaches avaient cédé. Le chef cuiseur, qui se trouvait devant lui, eut le crâne fracturé et un bras cassé, ce qui entraîna sa mort trois quarts d'heure après. Un ouvrier cuiseur, placé à peu de distance, fut, de son côté, renversé par l'échappement de la vapeur, mais se releva sans blessure et put fermer aussitôt le robinet d'admission ; cet ouvrier a déclaré que la pression était d'environ 3^{kg},500 dans le récipient ; d'après le chauffeur, elle était de 6 kilogrammes à 6^{kg},500 dans la chaudière Roser.

Les seize boulons d'attache n'étaient pas tous équi-

distants; à hauteur du centre du couvercle et du côté gauche, un espace libre avait été réservé pour l'emplacement d'une charnière qui aurait transformé le couvercle en une sorte de porte; de cette façon, la répartition était faite à peu près comme si la circonférence avait été partagée en dix-sept parties, et si l'un des points de division, situé du côté gauche sur le diamètre horizontal, n'avait pas reçu d'organe d'assemblage.

De plus, il a été reconnu que plusieurs boulons manquaient au moment de l'accident. Il est avéré qu'au point 16 (*fig.* 6, Pl. III), situé à la partie supérieure, et aux points 8, 9 et 10, dans la région inférieure, il n'existait depuis longtemps aucune attache, car les saillies du couvercle étaient intactes autour des encoches correspondantes, et ne présentaient aucune trace visible de refoulement du métal ni de rainures de frottement; un ouvrier a d'ailleurs déclaré à M. l'Ingénieur des mines Walckenaer que le boulon n° 16 n'existait pas, parce qu'il n'aurait pu être mis en place, en raison de la position de la suspension de la potence sur le couvercle; quant aux boulons du bas, il paraîtrait qu'ils manquaient parce qu'eu égard à leur disposition, on se serait brûlé les doigts en les manipulant, ou peut-être aussi parce qu'ils auraient été difficilement accessibles. Notons enfin que, selon toute probabilité, les boulons 5 et 13 faisaient également défaut; il est vrai qu'à l'entour de leurs encoches, les saillies du couvercle étaient usées, et que, de plus, celle du n° 13 présentait de fortes traces de frottement; mais, d'une part les boulons 5 et 13 n'ont pas été retrouvés; d'autre part, la chape d'attache du n° 13 avait ses deux oreilles cassées non fraîchement, et il en était de même de l'une des oreilles de la chape du n° 5; il y a donc lieu d'admettre que ces deux boulons ont existé autrefois, mais que leurs chapes ayant été brisées, on avait cessé de s'en servir.

Dès lors, dans l'intervalle compris, à gauche, entre les boulons nos 7 et 1, c'est-à-dire sur les 11/17 de la circonférence, il n'existait plus que quatre boulons.

Ces conditions étaient défectueuses, et elles étaient encore aggravées par les circonstances suivantes :

1° Le chef cuiseur, à qui incombait la tâche d'assurer la fermeture du couvercle avant le commencement des opérations, n'avait pas toujours le soin de les mettre tous en serrage. C'est ainsi qu'un instant avant l'accident, le joint du couvercle perdant de la vapeur, on lui avait signalé que le boulon n° 3 n'était pas serré; il avait alors répondu qu'il n'y avait pas de danger par là, et s'était mis à agir sur le boulon n° 11, qui était lui-même serré très imparfaitement. Il était précisément en train de procéder à cette manœuvre au moyen d'une clef de 0m,60 de longueur, quand le couvercle s'est détaché en lui fracassant le crâne.

2° Il résulte de l'enquête qu'on était dans l'usage de frapper parfois sur les écrous, de manière à rapprocher les boulons du fond des encoches, ce qui, lorsque les bords de celles-ci étaient un peu usés vers la circonférence extérieure, avait pour effet d'augmenter le serrage, comme par le jeu d'un coin. Mais cette déplorable pratique entraînait justement l'usure des bords des encoches sur le pourtour du couvercle, et leur donnait ainsi une inclinaison qui tendait à faire échapper les boulons vers le dehors. Il y a peut être lieu aussi de lui attribuer la rupture ancienne des chapes des boulons nos 5 et 13.

Bien que ces diverses circonstances, ainsi que le peu de ménagement apporté dans le serrage des boulons, fussent de nature à augmenter leur fatigue, aucun d'eux ne s'est rompu, et tous sont restés adhérents à la couronne-cornière, sauf le n° 6 qui a été lancé, légèrement tordu, à une distance de 0m,75, probablement parce que la broche de sa chape, qui n'a pas été retrouvée, se sera

brisée ou déplacée, sauf aussi le n° 15 qui a rompu les oreilles de sa chape et a été projeté à $6^m,50$ de l'appareil.

En somme, le seul fait caractéristique et essentiel dans l'échappement du couvercle, c'est que les boulons existants ont lâché prise en se rabattant plus ou moins vers l'extérieur; il n'y a donc pas à incriminer leur résistance propre, pas plus que celle des broches servant d'articulations, bien que plusieurs d'entre elles consistassent en des tiges de fer de rencontre, faute de pièces *ad hoc* dont l'usine manquait.

Dans ces conditions, l'accident doit être attribué, avant tout, à l'état défectueux des moyens de fermeture du récipient, et notamment à l'absence de plusieurs attaches et à l'usure des bords des encoches à la périphérie du couvercle, en raison de laquelle les écrous portaient sur des espèces de plans inclinés, ce qui accentuait la tendance des boulons au déversement vers l'extérieur. Il a, en outre, pu être favorisé par le peu de soin que mettait le chef cuiseur à opérer le serrage des écrous. Ici, la rigidité de l'obturateur ne lui a évidemment pas permis de se déformer d'une manière sensible, mais le hors d'équerre préexistant des boulons par rapport au joint, la faible adhérence résultant de l'emploi d'un boudin de caoutchouc pour assurer son étanchéité, enfin la pression insuffisante exercée par les écrous, ont permis au couvercle de s'échapper, ce qui n'aurait pu se faire si les boulons à charnière avaient été remplacés par des boulons ordinaires traversant, par des trous percés dans ce but, la bride fixe et le bord du plateau mobile.

Accident du 1er juin 1889. — Tissage de coton de MM. Lévy et Kiener, à Saint-Dié (Vosges). — L'appareil consistait en une cuve cylindrique verticale, à fond et à couvercle emboutis, de $1^m,20$ de diamètre (*fig.* 8, Pl. III); la paroi du cylindre, en tôle de fer, était garnie en dehors,

suivant sa base supérieure, d'une collerette en fonte sur laquelle venait s'appliquer le bord plat du couvercle, renforcé lui-même par une rondelle en fer rivée au-dessous de lui sur son pourtour. Le joint, constitué par des cordes de coton entourées de déchets de coton et placées dans deux rainures circulaires peu profondes creusées dans la collerette, était serré par quatorze pinces en fer en forme d'étriers, adaptées à charnière à $0^{m},27$ l'une de l'autre, au moyen de boulons horizontaux, à des saillies situées au-dessous du rebord de la collerette. La pression était obtenue, dans chaque pince, à l'aide d'une vis qui traversait verticalement la branche horizontale supérieure de l'étrier, et que l'on manœuvrait au moyen d'une tige en fer passée dans sa tête. La flèche du couvercle était de $0^{m},15$ et l'épaisseur de la tôle de fer qui le constituait de 10 millimètres.

Ce récipient, qui datait de 1877, servait au vaporisage du coton; il recevait de la vapeur provenant de deux chaudières timbrées à 6 kilogrammes. Il avait été lui-même timbré à 4 kilogrammes en avril 1887, sur la demande du service des mines, et était muni d'un manomètre, d'un robinet d'échappement de vapeur et d'un robinet purgeur. Dans chaque opération, le coton à traiter était placé à l'intérieur d'un vase en cuivre ouvert par le haut et dont le fond plat était percé de trous; ce vase était lui-même disposé sur un support annulaire au-dessus d'un serpentin plat par lequel arrivait la vapeur; puis, on faisait le joint du couvercle et on laissait agir la vapeur pendant environ trois quarts d'heure, le robinet purgeur étant légèrement ouvert. On ne faisait qu'une opération par jour.

Le 1er juin 1889, deux des pinces à charnière destinées à maintenir le couvercle manquaient et avaient été provisoirement remplacées par des pièces semblables, mais dans lesquelles la branche horizontale inférieure de l'é-

trier était appliquée directement sous le rebord de la collerette. La vapeur agissait dans le récipient depuis cinq minutes environ quand le couvercle fut projeté en l'air, par bonheur sans atteindre personne ; il s'est peu déformé dans sa chute et a conservé sensiblement sa flèche d'emboutissage ; la cuve du récipient n'a pas bougé et n'a subi aucune avarie.

Il a été reconnu, après coup, que six pinces contiguës, dont cinq à charnière et une provisoire, s'étaient rompues diagonalement dans les coudes. Malheureusement, leurs fragments ont été dénaturés avant l'arrivée de M. l'Ingénieur des mines Cousin, et on n'a pu lui en présenter qu'un, provenant du serre-joint provisoire ; son aspect révélait l'existence d'une cassure ancienne sur les deux tiers de sa surface de séparation, à partir de l'angle intérieur du coude supérieur. Les ouvriers interrogés ont déclaré que toutes les autres cassures s'étaient faites également dans les coudes, mais paraissaient fraîches. Le métal présentait d'ailleurs l'apparence d'un fer de bonne qualité ; les branches verticales des étriers avaient une section transversale de 55 millimètres sur 25 millimètres.

Il résulte aussi de l'enquête que, depuis la mise en marche de l'appareil, on avait dû remplacer un serre-joint de temps à autre, une fois par an en moyenne, en raison de criques formées dans les coudes. Quant à la pression intérieure, les témoignages recueillis attestent qu'au moment de l'explosion, elle ne dépassait pas 2 kilogrammes dans le récipient et 4^{kg},500 dans les chaudières.

Dans ces conditions, l'accident doit être attribué à la forme défectueuse des serre-joints, qui tendaient à s'ouvrir par le fait même du serrage et à se fissurer dans les coudes. Cet effet, qui était d'autant plus à craindre que le serrage était plus énergique, s'étant produit sur plusieurs d'entre eux placés consécutivement, le couvercle

du récipient a sauté. Mais il est à remarquer que huit des étriers sont restés intacts et ont laissé échapper le bord du couvercle en se déplaçant. Le système d'attache de ce couvercle par simple pression, au moyen de pièces articulées, est donc encore à incriminer dans l'espèce, et il est permis de croire que l'accident eût été évité si l'on avait employé, au lieu de pièces de cette nature, des boulons ordinaires traversant normalement la collerette et le couvercle par des trous percés pour cet objet. Cette modification a été ultérieurement apportée à l'appareil par MM. Lévy et Kiener.

Accident du 21 *décembre* 1889. — *Teinturerie de M. Mulaton, à Hem* (*Nord*). — L'appareil, construit en 1886 et timbré la même année à 1 kilogramme, consistait en une cuve cylindrique en tôle, à fond embouti, disposée verticalement et portée par quatre colonnes (*fig.* 1 et 2, Pl. IV). Il était fermé, à sa partie supérieure, par un couvercle de même diamètre que lui, $2^m,20$, constitué par une tôle de fer de 15 millimètres d'épaisseur, plane sur son pourtour, et emboutie dans sa partie centrale sous une flèche de $0^m,17$. Ce couvercle était renforcé sur le bord, à l'extérieur, par une rondelle en fer de $0^m,12$ de largeur et 20 millimètres d'épaisseur, et venait s'appliquer sur une cornière qui terminait le corps de la cuve, avec interposition d'une tresse de coton. Le joint devait être maintenu par 42 boulons, dont 21 de 37 millimètres de diamètre, adaptés à charnière à la paroi extérieure du récipient, et 21 de 24 millimètres de diamètre, du type ordinaire. Sur le pourtour de la cornière et sur celui du couvercle, des encoches étaient pratiquées pour la mise en place des boulons à charnière que l'on serrait au moyen d'écrous à oreilles, et des trous étaient percés pour donner passage aux boulons ordinaires, qui alternaient avec les précédents.

Cette cuve servait à débouillir le coton à l'aide de la vapeur. La matière était chargée dans ce but sur un faux-fond perforé posé sur une petite cornière circulaire intérieure, et soutenu par de petits pieds. On la recouvrait avec des planches et quelques barreaux de fonte pour l'empêcher de surnager; puis, l'appareil étant rempli d'eau jusqu'au-dessus de la charge, on mettait en place le couvercle et on faisait entrer la vapeur, qui pénétrait par le fond de la cuve. Chaque opération portait sur 1.000 kilogrammes de coton et durait de cinq à six heures. Au bout de deux heures environ, on atteignait la pression normale de $0^{kg},750$, que l'on maintenait en réduisant l'arrivée de la vapeur.

Ce récipient était muni d'un manomètre et de deux soupapes de sûreté, à poids directs, disposées sur le couvercle.

Le 21 décembre 1889, on n'avait mis dans la cuve, par exception, que 500 kilogrammes de coton. Trois quarts d'heure environ après l'admission de la vapeur, le couvercle fut projeté, traversa la toiture de l'atelier et y retomba ensuite en défonçant de nouveau cette toiture. La cuve resta en place, en s'inclinant légèrement et en enfonçant dans le sol deux des colonnes qui lui servaient de support. Le coton et le faux-fond qui le supportaient furent également projetés.

Dans sa chute, le couvercle rompit un gros tuyau de vapeur. Fort heureusement, le chauffeur eut la présence d'esprit de fermer les prises de vapeur des générateurs, qui n'étaient pas munis de clapets de retenue automatiques. De cette façon, il n'y eut que trois ouvriers de l'atelier légèrement atteints, probablement par des débris de la toiture.

Le couvercle s'était ovalisé dans sa chute, mais ne présentait aucune trace de cassure, ni de détérioration par usure. En outre, son bord circulaire, qui était plat à

l'origine, a été trouvé infléchi (*fig*. 3, Pl. IV), par suite de l'action prolongée et énergique du serrage des boulons en porte-à-faux au delà de la tresse de coton en forme de corde qui était employée comme joint. Grâce à cette déformation, la surface d'adhérence de chacun des écrous à oreilles sur ce bord était presque réduite à une ligne, et on voyait en effet, derrière chaque encoche, une trace profonde d'usure correspondant à ce contact incomplet, et qui montrait bien que cet état de choses datait de longtemps. L'ouvrier chargé de la conduite de l'appareil a d'ailleurs reconnu qu'il effectuait le serrage des boulons à charnière à coups de maillet sur les oreilles des écrous : on comprend que les efforts ainsi exercés aient pu produire la flexion du bord du couvercle. De plus, cette déformation avait détruit la coïncidence des trous du couvercle et de ceux de la cornière destinés au passage des boulons ordinaires, pour lequel il n'existait qu'un jeu de 1 millimètre ; il n'était donc pas possible d'en faire usage, et, en fait, on ne se servait plus que des boulons à charnière.

Interrogé sur ce point par M. l'Ingénieur des mines Chapuy, ledit ouvrier a vainement essayé de prétendre qu'il avait assujetti le couvercle à la fois au moyen des boulons à charnière et des boulons ordinaires. A l'appui de cette déclaration, il n'a pu représenter aucun débris provenant de ces derniers. Il a simplement remis à M. Chapuy un petit boulon qui, tout entier avec sa tête et son écrou, passait d'outre en outre dans les trous et ne pouvait avoir été employé pour le serrage. D'autre part, l'examen attentif de ces trous n'a montré aucune trace de frottement provenant d'un serrage par des pièces introduites à leur intérieur. Enfin, M. Mulaton a répondu d'une façon un peu évasive qu'il croyait bien se rappeler avoir vu autrefois les boulons ordinaires en place, mais qu'il n'y attachait pas d'importance, ne se figurant pas

qu'un appareil timbré à 1 kilogramme pût offrir quelque danger.

Dans de telles conditions, il semble évident que, depuis longtemps, on faisait exclusivement usage des boulons à charnière. L'eût-on voulu, on n'aurait pu leur adjoindre les autres, puisque le défaut de concordance des trous de la cornière et de ceux du couvercle, résultant de la déformation de celui-ci, n'aurait pas permis de les mettre en place.

Ceci admis, il ne paraît pas que l'on puisse invoquer, au cas particulier, l'excès de pression, car la tension habituelle de $0^{kg},750$ ne devait pas encore avoir été atteinte. Il convient donc d'attribuer l'accident : 1° à l'absence des boulons ordinaires destinés à relier le couvercle au corps du récipient; 2° à la déformation que présentait ce couvercle, sur le bord, en raison de l'emploi, pour faire le joint, d'une tresse de coton à l'extérieur de laquelle le pourtour de l'obturateur a été violemment serré en porte-à-faux et déformé à la longue. La flexion du bord du couvercle, en diminuant de plus en plus l'adhésion des écrous des boulons à charnière, devait, à un moment donné, entraîner l'accident. Il aura suffi, pour qu'il se produisît, que le serrage fût un peu moins énergique que d'habitude, et permît le glissement des écrous sur la surface inclinée avec laquelle ils étaient en contact. En réalité, tous les boulons à charnière ont été retrouvés sans avaries, rabattus à l'extérieur. C'est encore leur insuffisance comme moyen d'attache qui a occasionné cette explosion.

Accident du 24 décembre 1889. — Distillerie de M. Gidon, à Issoire (Puy-de-Dôme). — Le récipient consistait en un cylindre vertical de $0^{m},73$ de diamètre, fermé par un couvercle mobile (*fig.* 4, Pl. IV). Il portait à la partie supérieure une bride en fonte sur laquelle venait s'ap-

pliquer le bord plat de l'obturateur, lequel était embouti dans sa partie centrale sous une flèche d'environ $0^{m},05$.

Le récipient et le couvercle étaient en cuivre; le bord de ce dernier était renforcé par un anneau de fonte de $0^{m},09$ de large et 25 millimètres d'épaisseur, auquel il était rivé; mais la feuille de métal n'avait qu'une épaisseur de 2 millimètres. Le joint était obtenu au moyen de quatre boulons à charnière pourvus d'écrous à oreilles, qui étaient adaptés à la bride supérieure du récipient et se rabattaient dans un même nombre d'encoches pratiquées sur le pourtour de cette bride et sur celui du bord de l'obturateur. L'étanchéité était assurée par une tresse en chanvre introduite dans une gorge circulaire de la bride.

Cet appareil était installé avec trois autres, pour servir à la distillation des marcs de raisin, au moyen de la vapeur. A cet effet, celle-ci, amenée par un tuyau à la partie inférieure du vase, était distribuée sous une plaque de cuivre perforée disposée au-dessous de quatre disques en cuivre, sur lesquels les marcs étaient chargés à des niveaux différents. Les quatre vases distillatoires étaient réunis entre eux, ainsi qu'à la chaudière et à un réfrigérant, par des tuyaux pourvus de robinets. Mis en activité en 1884, ils n'avaient pas été soumis à l'épreuve légale, et n'étaient pourvus d'aucun appareil de sûreté.

Celui qui a fait explosion était alors en communication avec la chaudière génératrice, dans laquelle la pression n'était ordinairement que $1^{kg},500$, bien que son timbre fût $4^{kg},500$. Les vapeurs de ce vase devaient passer dans un autre, puis se rendre de là au réfrigérant. Une demi-heure après le commencement de l'opération, l'ouvrier préposé à la surveillance du travail s'aperçut que le couvercle laissait échapper de la vapeur. Il voulut alors serrer un de ses boulons, mais à peine avait-il commencé, que le couvercle fut projeté en l'air, ainsi que les marcs

contenus dans le récipient; il fut renversé et se fit dans sa chute quelques blessures à la tête, mais il n'a été que légèrement brûlé et n'a subi qu'une incapacité de travail de moins de vingt jours.

Le couvercle, après avoir traversé la toiture du bâtiment abritant la distillerie, est retombé sur l'un des autres vases distillatoires, puis sur le sol. L'anneau de fonte qui le consolidait s'est brisé en quatre endroits (*fig.* 5, Pl. IV), mais tous ses rivets sont restés intacts. Le disque de cuivre n'a été que légèrement déformé; aucun des boulons à charnière ne s'est rompu; ils ont simplement tourné autour de leurs points d'attache.

La forme, l'épaisseur et le mode d'attache du couvercle étaient absolument incompatibles avec l'existence d'une pression effective appréciable à l'intérieur du récipient. M. l'Ingénieur des mines de Béchevel estime donc que l'accident a été la conséquence de la fermeture intempestive du robinet du tuyau par lequel les vapeurs alcooliques devaient se rendre dans l'un des autres appareils de la distillerie, en communication lui-même avec le réfrigérant. Il peut se faire aussi que ce tuyau ait été obstrué par des marcs de raisin qui y auraient été entraînés; le chauffeur prétend avoir découvert cette obstruction à la suite de l'explosion, et le fait se serait renouvelé depuis. Dans l'une ou l'autre hypothèse, on s'explique que le récipient étant resté en même temps en communication avec la chaudière, où la pression était de $1^{kg},500$, l'obturateur se soit dégagé de ses quatre écrous et ait été violemment lancé en l'air. Si les quatre boulons qui le retenaient avaient été du type ordinaire, l'accident aurait peut-être été évité.

Accident du 15 *février* 1890.— *Fabrique de caoutchouc de Mme veuve Crausaz, à Marseille.* — Le récipient, qui servait à vulcaniser le caoutchouc, consistait en un cy-

lindre horizontal en tôle, de $1^{m},50$ de diamètre (*fig.* 6, Pl. IV), assemblé à l'arrière avec un fond plat au moyen d'une cornière, et se prolongeant en avant par un court anneau en fonte, auquel il était relié de la même manière. Cet anneau se terminait par un rebord circulaire plat de $1^{m},72$ de diamètre extérieur, contre lequel venait s'appliquer un couvercle de même diamètre, constitué par une tôle de fer de 15 millimètres d'épaisseur, plane sur son pourtour et emboutie dans sa partie centrale sous une flèche de $0^{m},05$. Le joint était constitué par un boudin en caoutchouc placé dans une gorge circulaire de la bride fixe (*fig.* 7, Pl. IV); il était maintenu au moyen de *seize* boulons à charnière de 22 millimètres de diamètre (18 millimètres seulement dans le taraudage), avec écrous à oreilles adaptés à la paroi extérieure de l'anneau et rabattus dans des encoches ménagées sur le pourtour du couvercle et sur celui du rebord du récipient.

Cet appareil, construit en 1880, a été éprouvé la même année pour le timbre de 4 kilogrammes. Il était muni d'un manomètre, ainsi que d'une soupape de sûreté placée sur le tuyau d'arrivée de la vapeur et chargée pour la pression de 4 kilogrammes. Il recevait cette vapeur d'une chaudière timbrée à 6 kilogrammes.

A l'origine, il ne possédait pas l'anneau de fonte antérieur, et son couvercle était assemblé à la cornière qui le terminait au moyen de soixante-quatre boulons de 15 millimètres de diamètre, passant au travers de trous pratiqués dans les rebords des pièces à réunir. Mais Mme Crausaz ayant trouvé qu'avec ce système, la mise en place du couvercle ne se faisait pas assez vite, avait fait récemment modifier le récipient. La disposition adoptée consista à prolonger le corps cylindrique en tôle par l'anneau de fonte, lequel fut disposé de manière à se prêter à l'assemblage de l'obturateur au moyen de seize boulons à charnière. Le service des mines ne fut pas averti de ce

changement, et l'appareil fut remis en fonctionnement sans avoir subi une nouvelle épreuve.

Le 30 janvier 1890, il fut soumis, ainsi modifié, à un essai à chaud qui dura une demi-heure, et pendant lequel la pression fut portée à 3 kilogrammes. Le 11 février, on voulut faire une première opération, mais, à la pression de 3^{kg},500, une fuite se manifesta au joint du côté gauche. L'un des constructeurs qui avaient opéré la modification indiquée ci-dessus, appelé aussitôt, constata dans cette région un bombement du couvercle, et déclara qu'il lui paraissait d'épaisseur trop faible pour ses nouvelles conditions de fonctionnement. On lui en commanda alors un autre de 20 millimètres d'épaisseur, et il consentit à redresser l'ancien, pour que l'on pût encore s'en servir en attendant.

Le couvercle redressé fut livré le 15 février et mis immédiatement en place pour une opération. On introduisit ensuite la vapeur dans le récipient; dix minutes après, le couvercle était projeté violemment dans l'atelier.

Lancé dans une direction oblique, il frappa mortellement dans son trajet un ouvrier qui passait devant le récipient. Trois autres ouvriers, le contre-maître de l'usine et le fils de la propriétaire furent en même temps atteints par des débris.

Les trois ouvriers qui ont fait le joint disent avoir serré les écrous à fond en se servant d'un levier. Le manomètre, d'après les témoins, marquait 2^{kg},250.

Le couvercle a été retrouvé fortement bombé suivant son diamètre vertical; sa flèche avait été portée de 50 à 138 millimètres. Sa section par un plan diamétral perpendiculaire, c'est-à-dire horizontal, était, au contraire, à peu près rectiligne.

Trois boulons en haut et trois en bas avaient été simplement rejetés au dehors et avaient résisté, quelques-uns en subissant une violente torsion. Les dix autres avaient été brisés au ras de la base de l'écrou.

Dans les intervalles et au voisinage des boulons supérieurs, qui n'ont pas été cassés, le rebord de l'anneau de fonte présentait des traces parfaitement nettes de frottement, indiquant de la manière la plus évidente que le couvercle avait glissé, par suite de la déformation qu'il subissait sous l'action de la pression interne de la vapeur, entre ce rebord et les écrous qui le tenaient appliqué contre lui.

Des essais de résistance, exécutés par M. l'Ingénieur des mines Oppermann, ont démontré que le métal du couvercle et celui des boulons étaient de bonne qualité. Il ne semble pas non plus qu'il y ait eu excès de pression. L'accident doit donc être attribué à un vice de construction. Tout d'abord, l'épaisseur de 15 millimètres donnée au couvercle avait pu suffire, parce que son bord était invariablement maintenu par les soixante-quatre boulons qui le traversaient. Mais, quand ensuite ces boulons ont été remplacés par seize autres n'agissant plus que par la pression de leurs écrous, l'obturateur a pu se déformer, grâce au glissement de son bord au-dessous d'eux, glissement accusé par les traces qu'il a laissées sur la surface annulaire de la virole de fonte qui terminait le récipient. Il est à remarquer, en outre, que les boulons d'assemblage étaient insuffisants, non seulement comme nombre, mais encore comme diamètre. Sous la seule influence de la pression intérieure, sans tenir compte du serrage et en supposant les efforts également répartis, ils devaient travailler à raison de 18^{kg},7 par millimètre carré sous la pression de 4 kilogrammes indiquée par le timbre, et à raison de 10^{kg},5 sous celle de 2^{kg},250 qui existait au moment de l'accident. C'était évidemment exagéré.

Dès lors, il est facile de comprendre comment les choses se sont passées. Les écrous du haut et ceux du bas étant les moins serrés, parce que c'étaient ceux dont la manœuvre s'opérait le moins commodément, le bord du cou-

vercle a glissé au-dessous d'eux, en raison de sa tendance à la déformation, et l'obturateur s'est bombé dans un plan diamétral vertical. Cela étant, les boulons latéraux ont eu à supporter des efforts plus considérables et inégalement répartis, auxquels ils ont été incapables de résister; ils se sont rompus et leur rupture a eu pour conséquence la projection du couvercle. Cette fois encore, la disposition à charnière des boulons d'attache a joué un rôle considérable dans l'accident.

Accident du 24 septembre 1890.— *Fabrique d'indiennes de MM. Keittinger et Cie, à Amfreville-la-Mivoie (Seine-Inférieure).* — Le récipient dont il s'agit est connu sous le nom de *boîte à vaporiser* les tissus, ou de *boîte à fixer*. Sa forme rappelle celle d'une maison, c'est-à-dire qu'il comprend une capacité parallélipipédique à arêtes horizontales et à section droite rectangulaire, surmontée d'un faîte (*fig.* 8 et 9, Pl. IV). Il est en tôle de fer et renforcé à l'extérieur par une double armature du même métal. A sa partie antérieure, il présente une ouverture rectangulaire de $1^m,44$ sur $1^m,77$, destinée à recevoir une porte mobile suspendue à un galet qui roule sur un double rail établi au-dessus. Cette porte est formée d'une simple feuille plane de tôle de 9 millimètres d'épaisseur, renforcée par deux armatures horizontales en fer à T (*fig.* 10, Pl. IV) et entourée d'un rebord constitué par une cornière (*fig.* 11, Pl. IV), lequel est destiné à s'enfoncer dans une rainure garnie d'une bande de caoutchouc qui entoure l'orifice rectangulaire de l'appareil (*fig.* 12, Pl. IV). Le joint ainsi formé est serré au moyen de dix-huit boulons désignés par les ouvriers sous le nom d'*oreillons*; les tiges de ces boulons sont mobiles autour de charnières fixées sur le bord de l'ouverture du récipient (*fig.* 13, Pl. IV), et s'engagent dans des échancrures ménagées sur le pourtour de la porte.

A l'intérieur de l'appareil sont disposés deux rails sur lesquels peut rouler un chariot destiné à recevoir les pièces à vaporiser. La vapeur, produite par un générateur timbré à 4^{kg},500, arrive d'abord dans un réservoir de détente situé en arrière de la boîte à vaporiser, timbré à 5 kilogrammes, et pourvu d'un manomètre sur la graduation duquel est marquée une flèche à la division qui correspond à la pression de 1^{kg},250. Elle passe ensuite dans la boîte à vaporiser par un tuyau de cuivre de 30 millimètres de diamètre, qui se divise à l'intérieur du vase en deux branches percées de petits trous par lesquels elle s'y répand. Son arrivée se règle au moyen de deux robinets placés l'un en avant du réservoir de détente, l'autre avant la boîte à vaporiser. L'échappement se fait par une tubulure de 105 millimètres de diamètre disposée à la partie supérieure de la boite et surmontée d'un robinet ainsi que d'un tuyau traversant la toiture du bâtiment. Deux repères consistant chacun en un coup de pointeau sont marqués sur la clef et sur la cannelle de ce robinet. On avait admis dans l'usine que, pour le bon fonctionnement de l'appareil, ils devaient se trouver en face l'un de l'autre. Dans cette position, un orifice rectangulaire de 40 millimètres de long sur 10 millimètres de large est offert à la sortie de la vapeur.

Cet appareil fonctionnait dans l'établissement depuis 1878. Il avait été récemment réparé, mais sans que l'on eût touché à la porte. Il n'avait d'ailleurs été ni déclaré ni éprouvé, et n'était pourvu d'aucune soupape de sûreté.

Depuis sa réinstallation après cette réparation, il n'avait fonctionné que le 19 septembre pour des échantillons. La veille et le matin même de l'accident, on l'avait essayé à blanc. Après le second essai, le contre-maître, aidé de trois ouvriers, y introduisit les pièces à vaporiser et ferma ensuite la porte au moyen des oreillons; puis il ouvrit les robinets d'admission de la vapeur. Le manomètre du ré-

servoir de détente marquait alors 1 kilogramme. Le contre-maître se tenait à gauche et un autre ouvrier à droite du récipient. Une fuite de vapeur s'étant déclarée au joint de la porte, du côté droit, l'ouvrier serra d'un quart de tour environ l'écrou de l'un des oreillons. Aussitôt après, la porte était violemment arrachée et projetée à une distance de 6^m,50. Le contre-maître, atteint par elle à la partie supérieure du crâne, fut tué sur le coup; son compagnon fut légèrement brûlé à la poitrine par un jet de vapeur. Enfin, un maçon, qui travaillait près de là sur un échafaudage, en tomba et se contusionna dans sa chute.

Aucun des boulons de serrage de la porte n'a été endommagé; ils ont été seulement rejetés en arrière, en tournant autour de leurs charnières. Tous d'ailleurs, sauf un de ceux de la ligne supérieure, étaient munis de leurs écrous en parfait état. L'écrou qui manquait a été retrouvé à terre; comme il n'était nullement avarié, pas plus que le boulon lui-même, il y a lieu de supposer qu'il n'avait pas été mis en place lors de la fermeture. La cornière formant le rebord de la porte s'est rompue dans l'angle sur presque toute la longueur de son côté droit (*fig.* 10, Pl. IV), et a pris une forme cintrée avec convexité à l'extérieur; en outre, la tôle de la porte s'est faussée et sa tige de suspension s'est rompue, mais son pourtour n'a nullement souffert, et toutes ses échancrures destinées à recevoir les boulons de serrage sont restées en parfait état.

Les avaries subies par cette porte montrent qu'elle a dû s'ouvrir d'abord du côté gauche, en rejetant à l'extérieur les boulons de serrage, et qu'elle a ensuite tourné autour du rebord du côté droit comme charnière, ce côté ayant également échappé presque au même instant.

Le fait même de l'explosion démontre que la vapeur avait, dans l'appareil, une pression qui était loin d'être

négligeable, et que le système de fermeture n'était pas assez solide pour y résister. C'est donc à tort que les industriels considéraient la communication du récipient avec l'atmosphère comme étant de nature à exclure, dans tous les cas, toute pression effective nettement appréciable. L'élévation de pression qui a déterminé la projection de la porte peut, d'ailleurs, être attribuée soit à l'insuffisance de l'orifice d'échappement qui, dans la position ordinaire du robinet, n'avait qu'une section de 400 millimètres carrés tandis que le tuyau d'amenée de la vapeur en avait une de 706 millimètres carrés, soit encore à la fermeture complète et intempestive de ce robinet. Bien que l'enquête ait fait ressortir de fortes présomptions en faveur de cette seconde hypothèse, M. l'Ingénieur des mines Boëll ne se prononce ni pour l'une, ni pour l'autre, à cause du doute qui subsiste encore.

Dans tous les cas, le peu de stabilité des attaches de la porte a sûrement contribué, dans une large mesure, à cette explosion.

Ces exemples si divers font déjà ressortir le danger de l'emploi des boulons à charnière dans des circonstances déterminées. Nous allons maintenant le faire apparaître d'une manière encore plus frappante en donnant un récit détaillé de nos expériences.

L'appareil dont nous nous sommes servis a été établi en prenant pour modèle le récipient de M. Ferlat, qui a donné lieu à l'accident du 4 octobre 1888. Son couvercle avait absolument la même forme et les mêmes dimensions que la porte de ce récipient, savoir :

Diamètre de la partie emboutie	$1^{m},41$
Flèche d'emboutissage	$0^{m},12$
Diamètre extérieur	$1^{m},67$
Largeur de la partie plane et de la rondelle placée au-dessus.	$0^{m},13$

Diamètre de la circonférence correspondant aux axes des boulons de serrage.	1m,60
Épaisseur de la tôle.	10mm
— de la rondelle	17mm
Profondeur des encoches.	0m,09
Largeur des encoches.	0m,05

Ce couvercle était placé sur une bride annulaire venue de fonte avec un fond de même métal, renforcé par des nervures rayonnantes, le tout représenté par les *fig.* 1 et 2, Pl. V. Le couvercle et le fond emprisonnaient une capacité peu volumineuse de 1m,35 de diamètre intérieur, que l'on pouvait mettre en pression au moyen d'une pompe hydraulique. La bride présentait des échancrures sur lesquelles se superposaient les encoches du couvercle. Pour le serrage du joint, on se servait de 18 boulons de 35 millimètres de diamètre, adaptés à charnière au-dessous de la bride sur le pourtour de la pièce en fonte; les écrous de ces boulons étaient du type ordinaire et portaient sur des rondelles en fer interposées entre eux et le bord plat du couvercle.

La déformation par bombement du diaphragme pouvait être mesurée facilement grâce à une armature en fer disposée au-dessus de lui dans l'un de ses plans diamétraux; cette armature était constituée par une bande métallique de 12 millimètres d'épaisseur fixée invariablement au corps de l'appareil, et qui se développait au-dessus de l'obturateur suivant un profil curviligne à peu près parallèle à sa section transversale. Trois pointeaux portés par cette armature descendaient normalement sur le couvercle, l'un à son centre, les deux autres en des points symétriquement placés par rapport à lui. Ces pointeaux étaient filetés et mobiles dans des écrous fixés à l'armature. Des verniers permettaient de mesurer leur déplacement par fractions de millimètre.

Avant de procéder aux opérations, on avait soin d'é-

vacuer l'air renfermé dans la capacité à mettre en pression, ce qui pouvait se faire très facilement au moyen d'un petit trou pratiqué pour cet objet dans la paroi en fonte, taraudé vers l'extérieur, et que l'on fermait ensuite au moyen d'une vis.

Dans une première série d'expériences, le joint a été fait en chanvre et en suif sur une aussi grande largeur que possible; la surface annulaire de la bride en fonte était complètement plane, et, les boulons étant serrés fortement, il n'existait qu'un intervalle de 3 à 4 millimètres entre cette surface et le bord plat du couvercle. Ces conditions étaient particulièrement favorables à la solidité du joint.

La pression a été portée peu à peu de zéro à 4 kilogrammes. A ce moment, une fuite s'est déclarée, et il est devenu impossible de l'élever davantage. On est alors revenu à zéro ; puis on est remonté à 4 kilogrammes et on a maintenu cette pression pendant dix minutes, après quoi on est encore revenu à zéro.

Les diagrammes (*fig.* 3, Pl. V) résument les observations qui ont été faites dans ces conditions. Le centre A du couvercle a d'abord pris une flèche supplémentaire de $1^{mm},18$, qui s'est réduite à $0^{mm},04$ la première fois qu'on a supprimé la pression; cette flèche a ensuite atteint à 4 kilogrammes $1^{mm},65$, puis $2^{mm},19$, et, à la fin des essais, elle est retombée à $0^{mm},36$.

Aux points B et C, tous deux situés à $0^{m},53$ du centre, la déformation a atteint respectivement $1^{mm},60$ et $1^{mm},40$ dans la première phase, pour se réduire à $0^{mm},25$ et $0^{mm},50$ lorsque la pression est revenue à zéro.

En résumé, l'altération du profil du couvercle a été peu sensible; le joint a bien résisté, malgré la fuite qui s'y est produite. Si le récipient Ferlat s'était trouvé dans de pareilles conditions, sa porte n'aurait pas été projetée.

Mais ce n'était pas ainsi que ce récipient fonctionnait.

Son joint était, en effet, constitué par un boudin de caoutchouc de $0^m,03$ de diamètre, engagé dans une gorge circulaire de la bride fixe. Nous avons donc fait creuser dans la bride de notre appareil une gorge du même genre, à laquelle on a donné une profondeur de 6 millimètres et qui a reçu un tore en caoutchouc ayant à l'état libre $1^m,435$ de diamètre intérieur et $1^m,465$ de diamètre extérieur. Le joint ainsi constitué ayant été serré (*fig.* 1, Pl. V), on a mis l'appareil en pression, mais on n'a pu dépasser 3 kilogrammes, le joint ayant fini par céder et ayant ainsi permis à l'eau de s'échapper sur le pourtour de l'une des encoches.

Les diagrammes (*fig.* 4, Pl. V) sont relatifs à cette seconde série d'expériences. Au centre A′ du couvercle, la flèche de déformation a atteint $13^{mm},50$ à la pression de 3 kilogrammes, et il en est resté $8^{mm},35$ lorsque l'on est retombé à zéro. Aux points B′ et C′ situés à $0^m,47$ du centre, la déformation a été respectivement de $4^{mm},87$ et $5^{mm},50$ pour la pression de 2 kilogrammes.

En même temps, le bord du couvercle s'est infléchi et a pris une forme tronconique ; nous avons mesuré, après démontage, la conicité de ce bord et constaté qu'il s'était déplacé, perpendiculairement à son plan primitif, de 10 à 15 millimètres à l'extérieur, ainsi que l'indique la *fig.* 5, Pl. V.

Par suite de ce déversement, les boulons se sont inclinés vers le dehors ; les rondelles situées sous les écrous ont en même temps glissé sur le bord de l'obturateur et y ont laissé des traces de frottement qui montrent qu'elles se sont déplacées de 13 à 20 millimètres. Par contre, la déformation permanente de la partie centrale du diaphragme a été peu sensible.

Il est à remarquer, d'ailleurs, que par suite du serrage du joint au moment des essais, le bord du couvercle avait déjà commencé à s'incliner. On peut s'en rendre compte

en examinant la *fig.* 6, Pl. V, qui représente à la fois le joint légèrement serré, le joint serré avant les essais et le joint déformé par ces essais. Dans la première position, l'intervalle compris entre la bride en fonte et la circonférence extérieure du bord du couvercle était de 21 millimètres; dans la troisième, il s'est réduit à $5^{mm},50$. Comme conséquence de cette déformation, le caoutchouc s'est trouvé, à un moment donné, chassé de sa gorge vers le dehors, et on a pu, quand on a fait disparaitre la pression, l'apercevoir par les ouvertures servant au passage des boulons.

L'intensité des effets observés par rapport à ce qu'ils étaient dans les premières expériences s'explique par la faible portée du joint, qui était réduite cette fois à l'étendue du contact du tore en caoutchouc, et par la nature même de cette substance.

Pour empêcher le glissement du caoutchouc, il semblait indiqué de serrer préalablement les boulons jusqu'à faire appliquer la circonférence extérieure du couvercle sur la bride en fonte. Quand on procède de cette manière, les boulons s'inclinent fortement et semblent exposés à laisser échapper la plaque, pour peu que leur devers augmente encore par suite d'une nouvelle déformation de la tôle sous l'influence de la pression hydraulique.

Néanmoins, c'est ainsi que nous avons agi dans une troisième série d'expériences, en vue de laquelle le joint en caoutchouc a été serré à bloc, à l'aide d'une clef avec rallonge dont la longueur totale était de $1^{m},10$.

La *fig.* 7, Pl. V, représente la coupe transversale du joint lors de ces essais. La pression a pu être élevée jusqu'à 6 kilogrammes. A ce moment, le caoutchouc avait glissé sur tout le pourtour, nonobstant le contact extérieur du bord du couvercle avec la bride, et, en un point, le tore se trouvait complètement hors de sa gorge, dans la position indiquée par le trait ponctué.

Les diagrammes (*fig.* 8, Pl. V) font connaître les déformations qui ont été mesurées. Au centre A″, le bombement a atteint 16^{mm},67 à la pression de 6 kilogrammes et il est resté là 10^{mm},55 de déformation permanente. Aux points B″ et C″, situés de part et d'autre et à 0^{m},47 du centre, la déformation a atteint respectivement 15 et 16^{mm},18 sous la tension de 6 kilogrammes, pour tomber à 9^{mm},55 et 5^{mm},93 lorsqu'on a supprimé la pression intérieure. Le profil du couvercle s'est encore plus altéré que dans le cas précédent.

Ce qu'il importe surtout de remarquer, c'est que les conditions dans lesquelles s'est faite la seconde série d'expériences ont été identiques à celles qui existaient lors de l'explosion du récipient Ferlat. Dans les deux cas, la pression a atteint et n'a pas dépassé 3 kilogrammes. Dans les deux cas aussi, la flèche de l'obturateur a été augmentée; les mêmes causes ont déterminé des effets analogues. Or, il n'est pas douteux que, dans les essais hydrauliques, l'inclinaison du bord du couvercle et le déversement des boulons vers l'extérieur étaient de nature à rendre imminent l'échappement de l'obturateur; il n'y a donc pas lieu de s'étonner que, dans des circonstances identiques, la porte du récipient Ferlat ait été arrachée et lancée vers l'avant.

Les constatations que nous avons faites démontrent aussi de la façon la plus claire l'instabilité des joints obtenus au moyen de boulons à charnière, surtout lorsque la rigidité des obturateurs laisse à désirer, c'est-à-dire lorsque leur épaisseur est insuffisante par rapport à leur diamètre.

Il faut donc se garder, dans la pratique, de soumettre ces joints à des pressions élevées, et il faut surtout n'omettre aucune des formalités ni des mesures prescrites pour les récipients de vapeur par le titre V du décret du 30 avril 1880. En d'autres termes, il convient

que les récipients dont nous nous occupons soient déclarés au préfet du département, qu'ils soient soumis à l'épreuve légale et pourvus, en outre, d'une soupape de sûreté s'ils sont timbrés pour une pression moindre que celle fixée pour la chaudière alimentaire.

Les constructeurs doivent aussi faire en sorte que les épreuves de ces appareils aient lieu dans leurs conditions de marche normale. Il n'en a malheureusement pas été ainsi pour l'évaporiseuse de M. Ferlat. Elle avait été essayée par pression hydraulique dans des conditions de sécurité très supérieures à celles de son usage habituel, et cela pour trois raisons : 1° les boulons étaient tout à fait indépendants et pouvaient être poussés jusqu'au fond des entailles, tandis que les boulons à charnière agissaient à peu de distance du bord de la porte ; 2° au lieu du joint en caoutchouc de faible largeur, ayant sa position fixée par celle de la rainure, on avait une large tresse de paille qui touchait les boulons ; 3° enfin, outre les boulons, on avait employé, pour améliorer le serrage, de quatre à six pinces ou serre-joints embrassant la porte et la bride du récipient. L'assemblage des deux pièces avait donc été réalisé d'une manière aussi satisfaisante que possible. Si au contraire on s'était placé dans les conditions où l'appareil devait fonctionner, on ne serait sans doute pas arrivé à obtenir la pression d'épreuve, ou bien on aurait vu se produire des déformations d'une intensité telle que l'appareil n'aurait pu être timbré. De toute façon, l'accident eût été évité.

Quand les appareils en question sont disposés de manière que leur communication avec l'atmosphère les exempte de toute pression effective nettement appréciable, la fermeture amovible à l'aide de boulons à charnière n'a plus d'inconvénient ; mais encore faut-il qu'en ce cas, cette communication ne puisse jamais être interceptée soit par une obstruction, soit par le jeu d'un robi-

net, d'une valve ou d'un tiroir. Quand, d'une façon ou d'une autre, le récipient peut être isolé de l'atmosphère, il ne faut pas hésiter, conformément à la circulaire ministérielle du 13 novembre 1888, à procéder comme il a été dit plus haut, c'est-à-dire à se soumettre au titre V du décret de 1880. C'est faute d'avoir pris ces précautions que plusieurs des accidents que nous avons passés en revue ont pu se produire.

Si l'on croit devoir conserver les boulons à charnière, il sera prudent de les placer le plus près possible du tore en caoutchouc destiné à assurer l'étanchéité, et d'emprisonner celui-ci entre deux gorges profondes creusées l'une dans la bride fixe, l'autre dans le bord de l'obturateur mobile, et se correspondant exactement, afin de réduire à quelques millimètres seulement l'intervalle compris entre les deux surfaces planes juxtaposées.

Une autre disposition recommandable consiste à emboutir le diaphragme mobile de telle façon que son bord soit rabattu perpendiculairement à la bride fixe (*fig.* 9, Pl. V); ce bord est rivé extérieurement à l'une des faces d'une cornière circulaire dont la seconde face sert à faire le joint. De cette manière, la surface annulaire sur laquelle agissent les écrous de serrage tend beaucoup moins à se dégager de ces écrous sous l'action de la force élastique de la vapeur, et le renversement des boulons à l'extérieur n'est plus autant à redouter.

Mais le mieux encore sera de renoncer aux boulons à charnière et de les remplacer par des boulons ordinaires traversant les bords en présence de la bride fixe et du couvercle mobile. Celui-ci sera ainsi retenu sur sa périphérie par les corps mêmes des boulons, et non plus seulement par la pression des écrous. Si les manœuvres y perdent en rapidité, la sécurité y gagnera, et c'est là le point essentiel.

NOTE

SUR LE

COUP DE GRISOU SURVENU A LA MINE DE CAMPAGNAC

DANS LA NUIT DU 2 AU 3 NOVEMBRE 1888

Par M. BERNARD, Ingénieur des mines.

Une terrible explosion de grisou, survenue à la mine de houille de Campagnac (Aveyron), dans la nuit du 2 au 3 novembre 1888, a causé la mort de quarante-neuf ouvriers; malgré que les dommages aient été considérables, leur nature a permis aux sauveteurs de parvenir assez rapidement au lieu de l'explosion et de procéder, dans les moins mauvaises conditions possibles, aux constatations nécessaires pour en déterminer la cause.

Or, il est très rare que, dans un accident de cette importance, on puisse former autre chose que des conjectures; ici, les Ingénieurs des mines ont été assez heureux pour reconstituer la catastrophe avec un haut degré de vraisemblance; de plus, les causes reconnues — tant par leur nature et l'intensité du dégagement grisouteux que par le mode d'inflammation — ont paru assez intéressantes pour que le Conseil général des mines ait émis l'avis « qu'il y aurait un véritable intérêt à porter, par la voie de l'insertion d'une notice aux *Annales des mines*, à la connaissance des ingénieurs de l'État et des ingénieurs de l'industrie, les mesures prises pour le sauvetage, les difficultés rencontrées et les moyens

employés pour en triompher, ainsi que les constatations faites en vue de déterminer la cause de l'accident, et les conclusions qu'on en a pu déduire. »

La présente note a pour but d'exposer ces divers points. Il convient auparavant de donner une idée générale du gîte et des travaux parcourus par l'explosion.

ALLURE DU GÎTE.

La Société de Campagnac exploite une couche unique, ayant une direction générale N.-S., continue dans sa partie centrale, très amincie vers le Nord, divisée en lentilles au sud.

L'épaisseur moyenne de la partie régulière atteint 20 mètres, et l'inclinaison est de 22 degrés vers l'ouest. Cette couche, cet amas plutôt, est exploité par tranches horizontales descendantes avec remblais complets; les terrains encaissant les parties en dépilage étant très ébouleux, on déhouillait à l'époque de la catastrophe par recoupes en cul-de-sac larges seulement de $2^m,50$. On traçait une tranche à mailles serrées et on attaquait les piliers en rabattant vers la galerie de sortage. La surface des tranches était assez petite et l'extraction journalière y atteignait 500 tonnes. C'était donc une exploitation intensive, avec chantiers très rapprochés.

Tout ce qui précède s'applique aux travaux en dépilage que la flamme n'a pas atteints, mais que les gaz irrespirables ont décimés.

Une faille longitudinale importante affecte la couche, sert de toit dans les parties supérieures, et a été rencontrée comme mur dans les niveaux les plus bas. A l'ouest de cette faille, la couche a subi un plissement important, de sorte que la traversée en est considérable.

Le glissement le long de la faille paraît être moins grand au sud qu'au nord, mais il existe néanmoins.

Il en résulte que la traversée horizontale diminue considérablement à mesure que les travaux s'enfoncent et que la couche manque même dans la partie nord, entre les cotes 130 et 150.

C'est pourquoi la Compagnie entreprit, dès 1886, des travaux de reconnaissance dans la partie profonde du gîte; ces travaux se développèrent aux niveaux 139, 129, 119 et 109, tant au nord qu'au sud d'un plan incliné, dit plan n° 1, dont on verra plus loin la position. Ils consistaient en galeries d'allongement et traverses perpendiculaires, dits travers-bancs, le tout au charbon.

Au moment de l'accident, les recherches comprenaient (nous ne parlons que des niveaux intéressés par le coup de grisou): au sud, deux avancements, les 109 et 119; au nord, deux galeries jumelles poussées au 109 étaient venues buter, après un parcours de 300 mètres, contre une faille transversale; les traverses n'avaient encore rencontré à cet étage ni le toit, ni le mur, sauf la traverse n° 1 dont le développement est de 120 mètres dans le charbon.

L'étage 119 consistait uniquement en une galerie d'allongement de 100 mètres et une traverse de 60.

Les niveaux 129 et 139 avaient rapidement rencontré le rocher et l'on n'y travaillait pas.

ÉTAT DE LA MINE.

Aménagement. — L'aménagement général de la mine comprenait alors : comme puits d'extraction, les puits des Clots n°s 3 et 4, au toit de la couche, communiquant avec elle par deux longues galeries au rocher, l'une au niveau 172 pour le roulage de tous les niveaux de dépilage, l'autre au 109 pour le service des travaux de reconnaissance.

Les plans inclinés au charbon (Pl. VI, *fig.* 1) n° 3 (170-

139), n° 2 et n° 1 (139-109) servaient à relier les travaux du haut à ceux du bas, pour le quartier Nord. Le plan n° 4 ou plan du Sud (172-109) établissait la communication pour la partie sud. Enfin divers autres plans desservaient une lentille dite la *Mine-Haute*, dont le dépilage est en retard, et dont le charbon sortait par le travers-bancs du 172.

Le quartier Nord communique avec un puits, dit puits n° 5, qui servait à l'aérage et à l'entrée des remblais. La Mine-Haute a une entrée au jour (cote 285) affectée aux mêmes services, ainsi qu'à l'entrée des ouvriers; enfin, au centre de la couche, le puits d'Offet, creusé jusqu'au niveau 139, servait uniquement à l'entrée de l'air.

Abondance du grisou. — Le grisou a toujours été abondant à Campagnac pendant la période des traçages, mais jamais on n'en a rencontré autant que dans les travaux de reconnaissance du fond; il a même fallu, pour commencer ceux-ci, attendre la construction d'un ventilateur (septembre 1886). Plusieurs accidents, de peu de gravité, sont arrivés dans les étages du haut, dont les culs-de-sac ne sont aérés que par diffusion; presque tous ont eu pour cause l'emploi de lampes à feu nu ou le tirage à la poudre noire fait sans précaution. Cependant un homme a été tué, en 1884, dans un chantier rempli de gaz, et la cause d'inflammation pourrait bien être la même que celle que nous avons été amené à assigner à l'accident de 1888.

Au fond, comme nous l'avons dit, le grisou est très abondant; il se dégage d'une manière très irrégulière et paraît distribué par zones, variant considérablement, dans une même galerie, d'un jour à l'autre; au milieu du charbon massif, on trouve des remplissages de charbon brisé et comme froissé qui dégagent le gaz d'une manière particulièrement intense, formant, malgré la violence de

l'aérage, une lame de grisou épaisse de plusieurs centimètres et qui lèche tout le front de taille. Les soufflards humides abondent, car il n'y a pas de chantier où l'on n'entende le gaz, même quand il ne marque pas pour les yeux les plus exercés; les soufflards secs sont plus rares. Jamais on n'avait signalé de dégagement qui, par son abondance et sa rapidité, méritât le nom de dégagement instantané.

Le tirage à la poudre, effectué par un ouvrier spécial dit *boute-feu*, dans les étages du haut, était rigoureusement interdit dans tous les travaux de reconnaissance.

Les lampes de sûreté, en usage dans toute la mine, étaient du type Cosset-Dubrulle. Nous y reviendrons dans la discussion des causes de l'accident.

Aérage. — L'aérage est soufflant; un ventilateur Farcot, installé sur le puits d'Offet, actionné par une machine horizontale avec l'intermédiaire d'une courroie, débitait de 23 à 25 mètres cubes d'air par seconde, à la vitesse moyenne de 100 à 110 tours.

Au moment de l'accident, la distribution du courant d'air était, en gros, la suivante. Les travaux de Campagnac Nord prenaient de l'air (2^{m3},200) à la recette 17? du puits d'Offet, avec sortie par le puits n° 5. La même prise donnait environ 3 mètres cubes à Campagnac Sud, avec sortie par la Mine-Haute.

La majeure partie de l'air descendait jusqu'au fond du puits d'Offet (139). Là, 3^{m3},5 franchissaient une porte, descendaient le plan n° 1, pour remonter en partie (2^{m3}) par le plan du Sud après avoir aéré les reconnaissances du 109 Sud. 2 mètres cubes passaient par le 139 Sud, puis remontaient par la Mine-Haute. Le reste (10^{m3},500) servait à l'aérage des quartiers grisouteux du Nord. 3^{m3},200 desservaient le 119; 5^{m3},300 descendaient directement par le plan n° 2 malgré une porte. L'ensemble se

retrouvait au 109, subissait une légère perte par les deux portes qui barraient la traverse n° 2, mais 7^{m3},086 passaient à travers tous les chantiers de l'étage 109 Nord, pour ressortir par le puits des Clots.

En résumé, les niveaux grisouteux avaient leur aérage spécial, soufflant et descendant; le même courant d'air passait à tous les avancements, grâce à la division en deux parties des galeries en cul-de-sac, par des gaînes d'aérage solidement construites et suivant de près (2 à 4 mètres) le front de taille. La solidité du charbon permet d'ailleurs de donner aux galeries une dimension telle que le goyot d'aérage est encore assez large pour servir au passage des ouvriers, sa largeur étant d'environ 0^{m},90 à la base, et de 0^{m},40 au chapeau.

On trouvera certainement qu'il eût été préférable de diviser le courant d'air; c'est effectivement ce qui devait se faire, grâce au percement de cheminées reliant le 119 au 109; cet ouvrage, interrompu par la catastrophe, a été repris et achevé depuis.

Les 7 mètres cubes de ce courant aéraient de sept à huit chantiers grisouteux pendant le jour et cinq seulement la nuit de l'accident (trois au 109 et deux au 119), chaque chantier étant composé d'un piqueur et d'un manœuvre.

La vitesse du courant d'air, facteur important pour la sécurité de certains types de lampes et, entre autres, des Mueseler bâtardes, pouvait atteindre 2 mètres dans les galeries non cloisonnées, mais atteignait et même dépassait normalement 3 mètres dans les petits compartiments de la gaîne (section 1^{m2},25). Des expériences directes ont donné jusqu'à 3^{m},84.

La compagnie procédait à des dosages anémométriques hebdomadaires; c'est de ces observations que nous avons tiré les chiffres qui précèdent et qui représentent une moyenne. Ces mesures s'accompagnaient d'observations faites à la lampe Pieler. La teneur en grisou du retour d'air

immédiat n'a jamais dépassé 2 p. 100. Ce chiffre, qui correspond à un dégagement journalier de 10 à 12.000 mètres cubes de gaz, est déjà bien fort si l'on tient compte du petit nombre de chantiers qui le fournissaient.

Avant de passer à l'accident lui-même, nous indiquerons encore que les avancements du 109 et du 119 Nord, sont situés dans une selle, où les bancs sont presque horizontaux et le charbon très solide.

ACCIDENT ET SAUVETAGE.

Dans la nuit du 2 au 3 novembre 1888, à minuit, une détonation terrible se fit entendre, les portes qui fermaient le puits d'Offet furent soulevées et donnèrent passage à une épaisse colonne de fumée; le ventilateur n'avait subi qu'un léger ralentissement, le mécanicien accéléra la vitesse et courut fermer les portes pour rétablir l aérage; avec l'aide de trois hommes il y parvint.

La fumée sort également par le puits n° 4; la violence du courant d'air déplacé est assez grande pour éteindre les becs de gaz qui entourent l'orifice du puits n° 3. Le puits n° 4 n'était alors réglé que pour la recette du 109, et le puits n° 3 servait pour les deux recettes; quatre ouvriers se trouvaient au 172, ils entendent les appels désespérés des receveurs du fond que la fumée envahit: l'ouvrier Geniez a le courage de descendre au 109 et de ramener, non sans difficulté, les deux receveurs; ce sont les seuls ouvriers du fond qui aient revu le jour.

Quatre-vingts ouvriers travaillaient cette nuit aux remblais et aux réparations du quartier de Campagnac Nord, sous la surveillance du chef de poste Poirrieu; au bruit de l'explosion, Poirrieu, qui a déjà échappé à deux accidents semblables dans la Loire, se précipite dans la galerie d'allongement à l'extrémité de laquelle il se trouvait; il jette l'alarme dans chaque traverse, et cherche à emmener

ses hommes vers le puits d'Offet; ceux-ci, renversés pour la plupart par l'explosion, se relèvent et fuient, mais la fumée montant par le plan n° 3 afflue vers le puits d'Offet et seize ouvriers tombent en route, trois autres rebroussent chemin et fuient devant la fumée vers le puits n° 5; le rétablissement de l'aérage devait les asphyxier.

Le plus grand nombre traverse les gaz délétères et arrive au puits où l'air les ranime. Poirrieu les engage dans le travers-banc du 172 : à ce moment même le machiniste rétablit l'aérage, le puits refoule la fumée dans le travers-banc, et les ouvriers tomberaient en route si Poirrieu ne parvenait à remettre sur leurs gonds deux portes qui les isolent de la fumée. La troupe ainsi sauvée arrive au puits n° 3; un ouvrier descend du jour pour venir les chercher; Poirrieu se repose un instant et redescend visiter son quartier, tandis que l'ouvrier, aidé d'un camarade, tente de descendre au 109 par le puits n° 3; mais la fumée monte en abondance, ils n'ont que le temps de donner le signal de la remontée et l'un d'eux tombe évanoui dans la cage.

Dans le quartier du Sud, soixante-deux ouvriers travaillaient sous la conduite du chef de poste Boyer; l'explosion les renverse : le nommé Broussal a, dans sa chute, le crâne fracassé contre un pied-droit au sommet du plan n° 4. Boyer rassemble ses hommes et cherche à descendre au 139, mais la fumée les chasse et c'est à grand'peine qu'ils arrivent au puits d'Offet, luttant contre le mauvais air que le rétablissement de l'aérage ramène sur eux.

Poirrieu trouve dans les diverses traverses de son quartier seize ouvriers inanimés, on les transporte à l'air frais, mais trois seulement sont rappelés à la vie. Deux d'entre eux avaient pu remonter une cheminée qui va du 139 au 165 et dans laquelle ils travaillaient; ils ne se souviennent que d'avoir aperçu une grande flamme au

bas de la cheminée ; l'oxyde de carbone les a envahis, ils ont pu gravir les échelles de cette remontée et sont tombés évanouis.

A la tête du plan n° 3, huit cadavres sont étendus autour d'une poulie qu'on plaçait. Parmi eux est le chef de poste. Les malheureux ont été foudroyés par l'irruption des gaz toxiques, deux d'entre eux sont brûlés.

Les ingénieurs de la mine, MM. Devun et Bernard, et le maître-mineur Bravard sont descendus à minuit et demie. A ce moment, les quartiers du haut sont visités et les cadavres reconnus. Il s'agit de pénétrer au fond. Impossible de descendre par les plans nos 2 et 3. M. Bernard tente la descente par le plan n° 4, des ouvriers l'accompagnent jusqu'au 139 ; un seul ose le suivre plus bas ; un éboulement bouche complètement la base du plan au 109, laissant seulement filtrer la fumée par son sommet ; en barrant la route au gaz, cet éboulement a sans doute sauvé plusieurs ouvriers du Sud ; l'atmosphère est étouffante. M. Bernard remonte à grand'peine, traînant son compagnon presque évanoui.

Au 139, les deux ingénieurs se retrouvent, ainsi que le maître-mineur Robert du quartier, ils s'avancent vers le nord par la galerie du 139 ; avant d'arriver au plan n° 1, ils voient une fumée blanche filtrer à travers les remblais d'une recoupe qui communique avec l'écurie installée à la tête du plan. Ils se précipitent et trouvent cette écurie en feu : impossible de s'avancer de plus de 2 mètres, les crèches, la paille brûlent avec une grande flamme.

La situation est la plus critique qu'on puisse imaginer ; si l'incendie n'est pas arrêté de suite, il atteindra la croisière ; que le courant d'air emporte quelques flammèches dans les niveaux du bas encore infestés de grisou, et c'est une nouvelle explosion. Les moyens de combattre l'incendie manquent, les hommes aussi ; on court au

puisard d'Offet, on rapporte de l'eau dans des chapeaux, l'incendie gagne toujours; enfin des toiles et des voliges arrivent, une toile mouillée est clouée à l'entrée de l'écurie et un barrage en planches est établi au dernier cadre, on n'a même pas la place pour le redoubler.

Ce terrible danger conjuré, on commence à rentrer dans les étages du bas. Trois cadavres sont trouvés au 139; les parties aérées du 109 sont parcourues. Le 119 est tout entier en cul-de-sac, on ne peut songer à y pénétrer; il en est de même pour l'ensemble des deux galeries d'allongement du 109 Nord, que la destruction des portes empêche d'être parcourues par le courant d'air.

Six cadavres, brûlés et défigurés, se trouvent entre les bases des plans n°s 1 et 2. Au sud, la galerie a beaucoup souffert; comme elle longeait une faille, des éboulements se sont produits : l'un d'eux, peu important, recouvre un cadavre que l'on dégage; mais au pied du plan n° 4, le gros éboulement, contre lequel est venu buter M. Bernard, exigera un long travail; le corps du nommé Bex doit se trouver pris dessous. Trois cadavres sont retirés, brûlés et plus défigurés que ceux de la partie centrale.

Il reste à visiter le 119 Nord et le 109 Nord. Avant d'entreprendre le récit du sauvetage de ces quartiers, nous noterons pour mémoire que les trente-quatre ouvriers de la Mine-Haute ont à peine senti l'explosion; plusieurs même n'en ont rien su que par leurs camarades, l'obstruction du plan n° 4 et l'issue offerte dans le premier moment par le puits d'Offet expliquent très bien que les gaz n'aient pas visité cette partie reculée de la mine.

Parti de Rodez dès que la nouvelle de la catastrophe nous est parvenue, nous arrivons le samedi 3 novembre, à neuf heures du matin au pied du plan n° 2, où se trouvaient réunis autour du directeur M. Seibel, ingénieurs et maîtres-mineurs, le personnel entier de la direction. M. de Castelnau, ingénieur en chef, étant alors à Paris et

ne devant arriver que le lendemain, nous prenons, en sa absence, et avec le concours des ingénieurs de la mine, la direction des travaux à exécuter pour retirer les cadavres restants.

Deux toiles placées entre les galeries jumelles du 109 forcent l'air à les balayer. Nous avançons ainsi avec M. Devun dans la galerie du mur; sur 100 mètres de longueur environ, un éboulement a détaché du plafond une épaisseur de charbon d'au moins 1 mètre ; en même temps les parois inclinées de la galerie sont devenues verticales; la couronne paraît assez solide; nous nous avançons jusqu'à l'extrémité de l'éboulement; à partir de là les cadres sont brisés et enchevêtrés de telle sorte *qu'il* est impossible d'aller plus loin.

La galerie du toit a beaucoup moins souffert dans les 50 premiers mètres, mais l'abondance du grisou y rend tout travail impraticable.

On sait que cinq ou six cadavres doivent se trouver au 109: ceux de Carattier et Lacombe dans la traverse n° 2, vers le mur; ceux de Galland et Serin à l'avancement extrême; celui de Fallières et peut-être un autre près de cet avancement.

Le 119 est formé de trois culs-de-sac; les ouvriers des chantiers Ouest ont été retrouvés près de l'écurie, il ne reste donc que deux chantiers à visiter à ce niveau; ils sont naturellement remplis de grisou, par suite de l'émiettement des cloisons d'aérage. Les ouvriers et les maîtres-mineurs ne sont pas absolument fixés sur le nombre des cadavres à retrouver; en effet, tous les travailleurs de cet étage sont morts, y compris le chef de poste, et les chantiers sont changés depuis le commencement du mois. Il convient donc de visiter tous les avancements.

Au 109 Sud, on attaque déjà l'éboulement sous lequel se trouve Bex. Après cette visite, nous tenons conseil au pied du plan n° 2, et le programme suivant est adopté:

1° Profiter de la solidité du charbon pour s'avancer le plus rapidement possible au 109, monter sur l'éboulement en soutenant le toit par quelques buttes, rejeter de côté les débris de bois ou blocs de charbon, en laissant à une équipe spéciale le soin de déblayer et de rétablir la voie derrière les sauveteurs. Barrer avec des toiles les recoupes non remblayées qui se présenteraient, de manière à pousser le courant d'air en avant; aller avec prudence, sans doute, mais le plus rapidement possible de peur de voir se boucher la recoupe encore inconnue par laquelle l'air passe du mur au toit. Visiter les culs-de-sac, en se faisant précéder de toiles.

2° Au 119, barrer par un barrage en bois deux culs-de-sac, pour se mettre à l'abri de l'invasion du grisou, et entrer dans le troisième en tendant une toile.

3° Continuer le relèvement de l'éboulement du Sud.

4° Surveiller de très près l'incendie de l'écurie.

M. Bernard prend le poste de jour, M. Devun celui de nuit; nous restons en permanence en attendant l'arrivée de M. de Castelnau. Les maîtres-mineurs Bravard et Robert sont de nuit, Pleinecassagnes et Imbert de jour. On accumule dans la mine les bois, les planches et la toile; des ordres sévères sont donnés pour que les lampes soient toujours tenues au ras du sol et en arrière des toiles d'aérage. Le poste du Sud n'offre aucun danger au point de vue du grisou; la surveillance des ingénieurs se porte donc sur le 109 et le 119; à chacun de ces chantiers de déblaiement un maître-mineur reste en permanence.

Ainsi organisé, le travail de déblaiement commença le samedi vers midi, et nous indiquerons, pour chacun des chantiers, les principaux incidents de ce travail.

Relèvement du 109 *Sud.* — L'éboulement qui bouche la base du plan n° 4 est formé d'un schiste gras, nucléeux, très difficile à tenir et qui coule du haut quand on le re-

tire par en bas. D'excellents boiseurs sont mis à ce travail et l'enlèvement se fait sans incidents. Le lundi matin à cinq heures, nous pouvions, à la suite de M. de Castelnau, nous glisser au-dessus de l'éboulement et explorer la base du plan n° 4 qu'encombrent des wagons tordus. A cinq heures du soir, on parvenait au corps de Bex : il était dans un état affreux, brûlé, le ventre ouvert, la tête désarticulée et ployée sur le dos ; une planche lancée par l'explosion avait dû détacher le sommet de la boîte crânienne, que l'on retrouva à 20 mètres plus loin.

Relèvement du 119 *Nord.* — La croisière des trois chantiers est éboulée, on la déblaye, on barre hermétiquement le cul-de-sac Ouest, où ne se trouve aucun cadavre, on barre provisoirement celui de l'Est et on avance dans le chantier Nord; des ouvriers soutiennent la toile, puis on la maintient avec des buttes en jetant les bois de côté : il y a peu de grisou, beaucoup de suie sur les parois, mais pas de coke. A quatre heures du matin, le dimanche, nous arrivons au front de taille; les cadavres de Costes et de Roux qu'on s'attendait à y trouver n'y sont pas, et le bruit commence à se répandre que les malheureux pourraient bien avoir été surpris par la mort dans l'écurie, où ils prenaient leur repas. On recule et on barre le chantier Nord pour pénétrer dans celui de l'Est. Il est réputé dans la mine comme très dangereux et plusieurs ouvriers expriment l'idée que l'explosion est peut-être venue de là. Il y a beaucoup de grisou, bien qu'on avance avec lenteur; la lampe se remplit au droit de l'extrémité de la toile, et M. de Castelnau, qui a pris la direction des travaux le dimanche matin, 4 novembre, à dix heures, fait évacuer momentanément le chantier à sa première visite à cause de la quantité inquiétante de gaz qui le remplissait. Enfin le travail peut être repris et, à deux heures après midi, nous parvenons au front de taille. L'explosion

n'est pas venue de là : il n'y a pas de cadavres, quelques outils tordus, le front de taille est intact ; en consultant la liste des morts, on s'aperçoit que le chef de chantier a été retrouvé au 109, quant à son manœuvre, il n'est pas descendu ce soir-là. A quatre heures du soir (dimanche), on barre de nouveau le chantier et on abandonne le 119.

Relèvement du 109 *Nord.* — On monte sur l'éboulement comme il avait été convenu ; la recoupe n° 1 était remblayée; le n° 2 est barré par une toile, car le remblayage est incomplet. En face, s'ouvre la traverse au mur où doivent se trouver Carattier et Lacombe. Pressés d'aller de l'avant, de peur de voir se boucher le courant d'air, nous ajournons la visite de ce cul-de-sac, et en interdisons l'entrée par une croix. L'explosion a découronné le remblai de la recoupe n° 3. Ici finit le grand éboulement, les dégâts sont plus irréguliers. La recoupe n° 5 va du toit au mur, on la barre vers le toit, on place une croix vers le mur. Plus loin, un train de wagons a été bousculé par l'explosion et les tôles sont arrachées ; la recoupe n° 6 est barrée, les ravages augmentent, on avance plus lentement. A cinq heures du matin (dimanche), nous venons buter contre un éboulement important, avec cloche au toit, qui bouche en partie la recoupe n° 7 et totalement la galerie longeant la faille. Cet éboulement est formé d'un peu de charbon et presque en totalité des schistes gras de la faille ; l'air passe par la recoupe n° 7, il va falloir relever l'éboulement, consolider la croisière très compromise, déblayer la recoupe pour aller de l'avant.

Nous explorons avec M. Devun la recoupe n° 6, mais son croisement avec la galerie du toit est éboulé. Nous cherchons à pénétrer dans le retour d'air où le grisou est encore abondant, un éboulement de 5 à 6 mètres de hauteur nous arrête au croisement de la recoupe n° 5; il

faut renoncer à l'espoir d'arriver à l'avancement par le retour d'air et déblayer la croisière du mur. On commence le travail de consolidation de la cloche, au moyen de piquetages solides.

En même temps, M. Bravard, pensant que les deux ouvriers de la traverse n° 2 ont pu être tués pendant leur repas, fait fouiller la recoupe n° 2 : les deux cadavres de Carattier et de Lacombe s'y trouvent, à 3m,50 de la galerie de roulage, légèrement recouverts de charbon tombé. Un panier et quelques restes de provision indiquent bien que la mort les a surpris pendant le repas. Nous abandonnons, dès lors, l'idée de fouiller la traverse n° 2 ; elle restera barrée et non relevée jusqu'en janvier.

A dix heures du matin, M. l'ingénieur en chef arrive; il fait rechercher les lampes de Carattier et de Lacombe; elles sont retrouvées en bon état. Nous pouvons entrer dans la recoupe n° 7 : elle est dans un état assez satisfaisant. A deux heures, la croisière est à peu près consolidée et on commence le déblaiement de la recoupe, qui est terminée le lundi, à une heure du matin. Un soufflard sec assez bruyant se fait entendre à la croisière.

Une fois arrivés à la galerie de retour d'air, il s'agit d'aller à l'avancement extrême ; c'est un cul-de-sac de 50 mètres de long ; la distance est trop grande et le grisou trop abondant pour qu'il soit prudent d'aller jusqu'au bout avec de simples toiles ; elles laissent, en effet, échapper trop d'air dans une galerie aussi ravagée. On décide donc la construction d'une gaine d'aérage ; le travail est assez difficile à cause de l'enchevêtrement des bois, et des cloches qu'il faut bourrer de foin. Les mesures les plus sévères sont prises ; le maître-mineur reste à l'extrémité de la gaine avec défense de porter une lampe au delà. M. de Castelnau assiste à la construction presque entière de la gaine.

A cinq heures du matin, lundi 5 novembre, la cloison

est au droit du chantier Fallières; ce chantier n'a que 3 mètres de profondeur. Nous y pénétrons avec une toile. Le cadavre est là, couché sur le côté, la tête près du front de taille. Le corps est ramené dans le courant d'air; il est affreusement brûlé, les jambes sont nues, la tête est dépouillée des cheveux, couverte de suie et de coke; la lampe est retrouvée en bon état; le chariot est culbuté contre l'angle de droite, une entaille est commencée à gauche du front de taille; tout semble indiquer que la mort a surpris l'ouvrier en plein travail.

Nous continuons d'avancer, la galerie est partiellement éboulée, il faut la boiser. A deux heures de l'après-midi, nous sommes au croisement de la faille; l'éboulement, uniquement composé de schistes laisse 2 mètres de libres dans la galerie de la faille. Ce cul-de-sac nous sert à loger les bois du déblaiement.

Il faut renoncer à continuer la gaine dans les 22 mètres restant à parcourir: les dégâts sont considérables et ne permettent pas d'asseoir une cloison, on pose donc une toile avec toutes les précautions possibles. A dix heures et demie du soir, nous sommes à une douzaine de mètres de l'avancement extrême Nord. MM. de Castelnau et Bravard pénètrent dans le cul-de-sac et découvrent les cadavres de Galland à droite, et de Serin à gauche, tous les deux la tête contre l'avancement; on les transporte dans la gaine, ils sont dans un état pitoyable: Galland est défiguré, un éclat de planche lui a ouvert la cuisse; les brûlures atteignent le troisième degré et il y a même commencement de carbonisation.

A onze heures et demie du soir, MM. de Castelnau, Bravard et nous, essayons de trouver les lampes, dont l'état sera un élément capital pour la recherche des causes de la catastrophe. Nous pénétrons dans le cul-de-sac, mal éclairés par une lampe unique qu'on tient au ras du sol et gênés par les bois enchevêtrés qui laissent entre

eux des vides dans lesquels nous plongeons la main pour rechercher les lampes des victimes. A ce moment, un ouvrier resté à 70 mètres en arrière, près de la croisière du mur, effrayé par la chute d'un bloc sur le garnissage de la croisière, donne l'alarme; les ouvriers se sauvent le long de l'étroite gaine, nous sortons tous tant bien que mal du cul-de-sac où la fuite des ouvriers nous laisse presque dans l'obscurité; M. de Castelnau se blesse à la jambe dans cette retraite. Nous enjambons les deux cadavres et nous retrouvons notre monde à la croisière: c'est une fausse alerte. On consolide cependant le garnissage et nous retournons chercher les cadavres laissés dans la gaine. On est obligé de scier des bois qui font obstacle pour emporter les deux corps dans des toiles; les cercueils attendent près de la croisière, mais il est impossible de procéder à l'ensevelissement, car l'espace est trop restreint; c'est au pied du plan n° 2 que *se fait* la mise en bière.

A minuit et demi tout est terminé, mais il s'agit de revenir chercher les lampes des victimes; les ouvriers énervés par cette besogne et par l'alerte de tout à l'heure ne nous aideraient plus avec le dévouement dont ils ont fait preuve jusqu'ici et pourraient devenir plus nuisibles qu'utiles en cas de danger. Nous les renvoyons et nous retournons, MM. de Castelnau, Devun, Bravard et nous, à la recherche des lampes. Après cinq minutes, Bravard les ramasse successivement toutes deux à $2^m,50$ du front de taille, auprès du chariot culbuté qui se trouve là.

On pouvait s'attendre à en trouver une ouverte, témoignage d'une imprudence, à laquelle on aurait attribué l'accident. Il n'en est rien; jusqu'à réserve d'un examen plus approfondi, elles paraissent en parfait état.

A une heure du matin, mardi 6 novembre, nous quittons le 109.

L'enlèvement des cadavres n'était pas terminé; la liste

les manquants était connue et trois ouvriers restaient à trouver ; Costes et Roux, les ouvriers de l'avancement Nord du 119, et Allègre, freinteur du plan n° 1. Comme la mine entière avait été explorée, il fallait se rendre à l'idée déjà exprimée par leurs camarades, à savoir que les cadavres devaient se trouver dans l'écurie de la tête du plan n° 1. Surpris par la mort pendant le repas ou le repos, les trois ouvriers avaient été barrés lors de l'incendie. Autant pour terminer l'enlèvement des cadavres et donner une sépulture à ces malheureux que pour ramener la tranquillité dans l'esprit des ouvriers, il convenait de rentrer dans l'écurie et d'en retirer les trois corps, au risque de refaire un barrage si le feu était le plus fort. Trois chevaux se trouvaient aussi dans cet espace.

Attaque de l'écurie de la tête du plan n° 1. — Pour tracer le 139 Sud, on avait pris deux galeries jumelles réunies par une recoupe ; la galerie du toit était venue buter contre le toit, et l'on avait poursuivi le traçage avec une seule galerie, et remblayé la recoupe ; il restait donc un tronçon de galerie au toit, long de 30 mètres ; on l'élargit jusqu'à 4 mètres sur la moitié de sa longueur et on transforma ce vide en écurie.

Comme nous l'avons dit plus haut, les sauveteurs trouvèrent cet espace en feu et réussirent à grand'peine à le barrer juste à l'extrémité ; une épaisse fumée empêchait d'ailleurs de voir à l'intérieur. Au bout de la recoupe, un pilonnage fut établi pour intercepter l'arrivée de l'air.

C'est là que devaient se trouver trois hommes et trois chevaux, il fallait crever le barrage pour y rentrer : la besogne était délicate, car les gaz délétères et explosifs (oxyde de carbone, gaz d'éclairage, acide carbonique) remplissaient sans doute le vide de 200 mètres cubes situé derrière le barrage. On convint d'attendre quelques jours pour laisser au feu le temps de s'éteindre. M. l'in-

génieur en chef dut retourner s'aliter à Rodez et soigner la contusion qu'il avait reçue la veille. En attendant son retour, l'écurie fut surveillée de très près, le barrage graissé sans cesse, le pilonnage redoublé. Un trou fait entre deux planches du barrage permit d'introduire un thermomètre; la température se maintint aux environs de 45 degrés. Le vendredi matin, 9 novembre, nous allâmes essayer les appareils de sauvetage que, sur notre demande, la Société des Aciéries de France, avait gracieusement mis à notre disposition.

Ce même jour, 9 novembre, M. de Castelnau revint de Rodez bien qu'il souffrît toujours de sa blessure et qu'il ait dû garder de nouveau la chambre après l'opération. Dans la visite qu'il fit au barrage, il put constater que l'écurie était remplie d'oxyde de carbone : la lampe. mise en face du trou dont nous avons parlé, faisait explosion; l'odeur qui s'en échappait était celle d'un mélange assez peu définissable de pourriture et de feu à moitié éteint; l'atmosphère était très humide ; les ouvriers, habitués aux feux de mine, affirmaient que l'incendie devait être entièrement terminé; la suite des événements devait leur donner tort.

M. l'ingénieur en chef, persuadé que l'attaque ne pouvait être retardée plus longtemps, aussi bien pour remettre la mine en état que pour rendre aux esprits une tranquillité que l'enlèvement des derniers cadavres devait seul faire revenir, décida qu'on la tenterait le lendemain, et, le soir nous tînmes conseil, chez le directeur de la Compagnie, pour arrêter le programme de cette tentative.

En faisant entrer l'air dans le barrage, on chassait les gaz nuisibles, mais il était à craindre que le feu mal éteint se rallumât et qu'une explosion due à l'oxyde de carbone et au gaz d'éclairage se produisît avant leur évacuation.

Le parti adopté fut celui-ci : ouvrir le barrage en partie seulement et avec précaution, faire retirer tout le monde, attendre une heure que l'atmosphère soit assainie ou que l'explosion ait eu lieu, revenir alors lutter contre l'incendie s'il s'était rallumé, retirer les cadavres et barrer à nouveau l'écurie.

Rendez-vous fut pris, dans la nuit, pour le samedi 10 novembre, à cinq heures du matin.

M. l'Ingénieur en chef avait fait prendre toutes les précautions humainement possibles pour qu'aucun accident ne vînt interrompre ce travail.

On avait creusé un petit puisard destiné à recevoir l'eau du puits d'Offet; on avait rassemblé à la tête du plan n° 1 : 2 mètres cubes de volige, 2 chars de terre grasse pour refaire le barrage, 3 pompes à deux corps, 30 seaux pour lutter contre l'incendie, 3 pompes pour injecter les désinfectants, 2 bonbonnes de chlorure de chaux, de l'acide phénique, de la gaze phéniquée, 2 barriques d'eau pure, une barrique de sulfate de fer en dissolution, de la sciure de bois, de la chaux vive pour désinfecter les cadavres et ensevelir les chevaux, 3 cercueils doublés de zinc, 2 rouleaux de toile pour l'aérage; enfin, la Société des aciéries de France avait mis à notre disposition 2 sacs Galibert, manœuvrés par une équipe spéciale de 4 hommes, sous la conduite de MM. Dufranne, ingénieur, et Soustelle, conducteur de travaux.

A cinq heures du matin, tout le personnel de la Direction était réuni à la tête du plan; le D[r] Latieule, médecin de la Compagnie, s'y trouvait aussi; les quarante meilleurs ouvriers de la mine devaient nous aider dans cette besogne.

On s'occupa d'abord de diriger le courant d'air; une cloche existant au-dessus du barrage, on y plaça une toile pour qu'un filet vînt la balayer et empêcher les mauvais gaz de s'y accumuler; des toiles bouchèrent l'entrée des

galeries du 139; les portes du 109 avaient été rétablies depuis l'accident, on alla déboucher la traverse n° 8 de crainte qu'un éboulement n'obstruât la traverse n° 7 par où passait l'air.

Toutes les fumées devaient donc sortir par le 109, aussi l'accès de cet étage fut-il rigoureusement interdit et le receveur remonté au jour; enfin une toile normale au barrage et le divisant par moitié fut placée pour faire passer tout le courant d'air dans l'écurie.

A huit heures du matin le premier coup de hache est donné dans le barrage, en haut et à l'aval du courant d'air, on arrache deux planches sur la moitié de leur longueur et l'on attend quelques minutes, puis on pratique une ouverture en bas et en amont; l'air commencerait à circuler si, avant de faire le barrage la nuit où l'accident s'est produit, les sauveteurs n'avaient pas placé une toile mouillée qu'il s'agit d'enlever; on essaye et l'on réussit à extraire la toile entière; elle est encore humide, salie et non brûlée. On injecte de l'eau dans l'écurie et on agrandit l'ouverture du bas, puis, conformément au programme adopté, tout le monde se retire, les ouvriers par le plan n° 4 jusqu'au 172, les ingénieurs et le maître-mineur Bravard attendent dans la galerie du 139 Sud.

Après une demi-heure d'attente, et bien que les ouvriers aient été renvoyés pour une heure, M. de Castelnau retourne vers l'écurie accompagné de MM. Devun, Bernard et Bravard; ils pénètrent par l'ouverture, un âne en obstrue l'entrée; l'atmosphère paraît respirable, mais au-delà le corps d'un cheval disparaît à demi sous un éboulement de charbon qui dégage de légères fumées; un nuage de vapeur blanche cache les chapeaux des cadres; l'incendie menace de se rallumer et il est grand temps de le combattre.

M. de Castelnau empêche à grand'peine Bravard de s'aventurer jusqu'au fond; ces messieurs reviennent nous

chercher, on envoie prévenir les ouvriers et à neuf heures on se dispose à pénétrer dans l'écurie.

Les pompes sont en batterie, les hommes font la chaîne, jusqu'au puisard, on arrache ce qui reste du barrage et on entre en tendant une toile et en inondant devant soi. Les premiers mètres sont vides et nous avons pendant un instant l'appréhension que, contre toutes les probabilités, les cadavres ne soient autre part; mais Bravard, qui s'est aventuré au fond, les découvre tous les trois dans le boyau qui termine l'écurie. On continue à avancer la toile et l'on procède à l'enlèvement des corps.

L'odeur épouvantable qui règne dans cette atmosphère chaude et humide rend le travail très pénible; le feu a repris en couronne malgré les pompes, c'est maintenant le charbon qui brûle et le feu en nature que nous avons au-dessus de la tête.

On enlève les cadavres, le docteur procède aux constatations et préside à la distribution des désinfectants. Le premier corps retiré est celui d'Allègre : pour le reconnaître, quelqu'un essaie de retourner la tête, dont l'oreille lui reste dans la main. Les corps sont mis dans les cercueils et remontés au jour.

On tente d'enlever les chevaux : le troisième cheval avait fui jusqu'au fond de l'écurie où on l'a trouvé ébroué sur le remblai; des hommes gantés de toile phéniquée doivent dépecer les cadavres, que leurs masses et leur état de décomposition n'auraient pas permis d'enlever entiers. L'âne est chargé sur un chariot, mais le feu continue à se développer, il devient difficile de lutter contre lui; les ouvriers qui ont fait preuve, dans cette opération, d'un dévouement absolu et qu'on ne saurait trop louer, travaillent avec moins de confiance; un séjour de quatre heures dans une atmosphère empestée en indispose plusieurs.

Devant l'invasion croissante du feu, M. l'Ingénieur en

chef ordonne d'abandonner l'écurie et de la refermer par un nouveau barrage. Il est midi. Ce barrage est établi 3 mètres plus loin que l'ancien, ce qui a permis de le redoubler par une maçonnerie étanche.

Le travail a réussi, il ne reste plus aucun cadavre dans la mine, triste succès, mais cependant rare, pour ne pas dire plus, dans un accident de cette importance.

DÉBLAIEMENT DU CHANTIER GALLAND.

Nous avons terminé le récit de l'accident et du sauvetage ; avant de rechercher quelles causes ont amené la catastrophe du 3 novembre, il convient d'exposer les faits révélés par l'examen des lieux. Tout indiquait comme origine de l'explosion le chantier Galland — nous reviendrons sur ce point, — mais on comprend que nous ayons tenu à relever très minutieusement l'avancement extrême que l'abondance du grisou nous avait fait abandonner après la découverte des lampes.

Sans insister sur les réparations qui ont dû précéder ce déblaiement, nous dirons seulement que nous sommes revenus le 6 décembre à l'avancement ; la gaine a été reconstruite jusqu'à $5^{m},70$ du front de taille et appuyée contre un cadre resté debout ; le chantier a été visité d'une façon méthodique, la position des bois, des outils, des fragments de vêtements soigneusement relevée, le charbon, trié d'abord dans la mine, puis remonté au jour, et, là, passé au crible ; cette opération a été renouvelée à deux reprises.

Le croquis (Pl. VI, *fig.* 2) indique l'emplacement de ces divers objets ; le chariot était légèrement culbuté, les lampes ont été trouvées l'une au pied du char, comme si elle y avait été accrochée, l'autre en un point voisin de l'extrémité de la gaine ; la plupart des outils étaient renversés à terre et rassemblés en un groupe : on en

pouvait conclure qu'ils étaient appuyés contre le chariot ou la paroi lors de l'explosion. Seule, une pelle appartenant à Serin et une trace (nom local du pic à 2 pointes) de Galland gisaient au milieu du chantier. Les corps avaient été trouvés allongés, la tête près du front de taille et il semble bien que les ouvriers travaillaient, l'un avec sa trace à sous-caver, l'autre à charger avec sa pelle quand la mort les a surpris.

Les vêtements étaient disséminés en tous les points, plus ou moins brûlés ; le tricot de Serin était percé de plus de cent trous ronds. De minces fragments de gaine étaient enfoncés en tous sens entre les parois de tôle du char et les bandes de fer qui les consolident, un très léger dépôt de coke se voyait sur l'avant du véhicule.

L'examen du front de taille fut très intéressant : formé de charbon très dur (c'est pourquoi on a trouvé tant d'outils), il n'avait évidemment pas bougé depuis la catastrophe ; à droite, la faille (*fig.* 3 et 4) longe le chantier et un léger éboulement l'a mise à nu ; là, elle sert de mur tout en étant presque verticale. Une lise dolomitique *a b k* sépare le charbon inférieur très dur d'un charbon plus tendre ; le grisou se fait légèrement entendre, mais ne marque pas beaucoup. L'ouvrier Pelras, qui a travaillé à ce chantier le 2 novembre, déclare qu'il est *identiquement* tel qu'il l'a laissé, sauf deux légers changements : Galland et Serin ont placé un cadre, et on aperçoit le commencement d'une sous-cave *h i j;* le doute n'est pas permis, car des traces de coups de pic horizontaux sont encore visibles.

Aucune trace de dégagement anormal de grisou ; l'avancement est très net, la suie qui le recouvre permet de s'assurer qu'aucun fragment de charbon ne s'est détaché depuis un mois, et il est impossible de croire que le grisou ait pu se dégager de ce chantier en quantité suffisante pour verser dans l'atmosphère les 7 à 8 p. 100

qui peuvent seuls expliquer l'intensité et l'étendue des ravages produits.

D'ailleurs, les ouvriers n'ont abattu que très peu de charbon, et il devient évident que, si la cause de l'accident doit être attribuée à un dégagement anormal de grisou, ce dégagement ne provient pas du chantier Galland.

Il est même possible de reconstituer, avec beaucoup de vraisemblance, l'emploi du temps des deux ouvriers. En arrivant, ils ont placé le dernier cadre, garni les parements, dépouillé la paroi de droite jusqu'à la faille, peut être commencé la sous-cave. Après le repas, vers onze heures et demie, ils sont revenus au travail : Serin s'est mis au chargement, Galland à la sous-cave ; c'est dans cette position que la mort les a surpris.

Pour terminer, nous ajouterons que le criblage du charbon, fait en notre présence, a amené la découverte de quelques débris, dont un couvercle de boîte *à allumettes* et un ou deux fragments, brisés, mais non calcinés, qui peuvent provenir d'allumettes. Nous examinerons quelle importance il convient de donner à cette trouvaille.

Le chantier Fallières a été déblayé le 13 décembre et avec les mêmes soins. Sans entrer dans le détail, nous dirons qu'il est certain aussi que Fallières a été surpris en plein travail ; il avait la tête contre le front de taille, une entaille profonde de $0^{m},15$ était commencée de ce côté. Sauf une trace gisant au milieu du chantier, tous les autres outils ont été trouvés rassemblés et étaient certainement appuyés contre la paroi d'où l'explosion les a fait choir. Le chariot était dans un état indescriptible, décloué, arraché, déformé au point que les faces opposées se rejoignaient : il paraît avoir subi une poussée venant du chantier Galland. Le front de taille est intact, rien ne permet de supposer qu'il s'y soit produit un dégagement

normal de gaz. Si les effets calorifiques et les lésions les cadavres sont moins intenses qu'au chantier Galland, es effets mécaniques y sont plus marqués et l'explosion a dû affecter simultanément les deux chantiers et l'espace qui les sépare.

A cette époque, la mine entière avait été visitée, sauf deux chantiers : 1° le chantier ouest du 119, et 2° le travers-bancs n° 2 du 109, parce que les cadavres des ouvriers qui y travaillaient au moment de l'explosion avaient été retrouvés ailleurs.

ÉTENDUE DE LA CATASTROPHE.

Maintenant que les résultats de la catastrophe ont été exposés avec détail, et décrits au fur et à mesure de leur découverte, il convient de les grouper et de donner une idée de ce qu'a pu être l'étendue de ce grave accident.

Le grisou devait remplir, dans les galeries du fond, un espace considérable lorsque son inflammation s'est produite ; le volume ainsi mis en jeu et la position en cul-de-sac du point de départ de l'explosion expliquent l'étendue des dommages causés, ainsi que leur intensité.

La flamme à parcouru :

Tout l'étage 109 (ainsi que le démontrent les brûlures des victimes) ;

L'étage 119 (nous avons trouvé des traces de coke dans les chantiers Est et Ouest) ;

Le plan n° 1 (puisqu'elle a mis le feu à l'écurie);

L'étage 139 Nord (où trois ouvriers ont été brûlés);

Le plan n° 3 (au sommet duquel deux cadavres sur huit portent des traces de son action);

Le montage qui va du 139 au 165 (un ouvrier, travaillant au pied du montage, a aperçu une grande nappe de flamme claire qui s'est éteinte aussitôt).

L'étage 165 est le premier niveau que la flamme n'ait

pas atteint. Vers le Sud, l'éboulement de la base du plan a dû arrêter son parcours.

C'est un développement d'au moins 1.700 *mètres.*

La destruction de toutes les gaines, l'arrachement de toutes les portes, qui ont suivi le premier souffle, ont permis au mélange inflammable, chassé par la violence de l'onde explosive, de se répandre sur une étendue aussi grande.

L'air s'est déplacé avec une vitesse énorme, allant tuer un ouvrier du Sud à 600 mètres du point de départ, soulevant les lourdes portes du puits d'Offet après 500 mètres de parcours, remontant les puits des Clots où il éteignit le gaz de la recette, renversant les ouvriers du Nord.

Puis, le torrent de gaz irrespirables, consécutifs à l'explosion, se répandit dans la mine, revêtant toutes les galeries d'une couche épaisse de suie, résidu d'une combustion incomplète, et montant vers le puits d'Offet, alors débouché, ou vers les puits des Clots.

Le rétablissement de l'aérage repoussa les fumées vers les sorties d'air habituelles, permit le retour dans la mine et les travaux de sauvetage.

Quant au dégagement de gaz, il n'a pas cessé tout de suite après l'explosion ; la cause qui l'a amené a certainement perdu la plus grande partie de son intensité, mais la lampe Pieler a accusé pendant une dizaine de jours une proportion de 2 p. 100 dans le retour d'air et 2 1/4 dans la galerie du toit (ce chiffre a été dépassé pendant le sauvetage, puisque la galerie du toit marquait nettement à la lampe ordinaire), et cela, malgré la suspension de tout travail au charbon et la non contamination par le gaz du 119, que le courant d'air ne balayait plus.

C'est un dégagement d'au moins 200.000 mètres cubes de grisou pur (à la pression atmosphérique) qui s'est fait pendant les premiers jours qui ont suivi la catastro-

phe, et dont la plus grande part est imputable à la cause qui a versé dans la mine le grisou brûlé par l'explosion.

RECHERCHE DES CAUSES DE L'ACCIDENT.

Origine de l'explosion. — La première question est celle de l'origine de l'explosion. Il ne peut subsister à cet égard aucun doute.

Le mélange explosif s'est enflammé à l'avancement extrême Nord, au chantier des ouvriers Galland et Serin; tout le démontre.

Le 172 n'a été décimé que par la fumée et les gaz irrespirables; on ne travaillait cette nuit-là ni au 139, ni au 129; les ouvriers du 119 ont été trouvés en dehors de leurs chantiers; le 109 Sud n'était pas grisouteux; les deux ouvriers de la traverse du mur, Carattier et Lacombe, ont été tués en dehors de leur chantier, tandis qu'ils prenaient leur repas. Il ne reste donc que les chantiers Galland et Fallières d'où ait pu partir l'explosion; l'importance graduellement croissante des dégâts en s'avançant vers le nord paraît montrer aussi que c'est le point initial; enfin l'examen des cadavres apporte une preuve concluante à cette idée.

Alors que les brûlures ne dépassent pas le deuxième degré sur le reste des victimes, le rapport médical constate que Serin et Galland sont brûlés au troisième degré et même ont subi un commencement de carbonisation. Tout prouve que les effets calorifiques ont atteint leur maximum d'intensité dans ce chantier et que là, et nulle autre part, se trouve le point d'inflammation du mélange explosif.

Nous admettons, comme on le voit, que le point origine de l'explosion a coïncidé, dans la catastrophe de Campagnac, avec celui où les effets thermiques ont atteint leur maximum.

On verra par la suite que, l'explosion de Campagnac étant due à un dégagement subit dont nous indiquerons l'origine, il est impossible *a posteriori*, et cela quelle que soit la cause de l'inflammation, de placer le point d'explosion autre part qu'au chantier Galland.

Discussion des causes possibles. — Quelles sont les causes de la catastrophe? Voilà certes une question à laquelle il est impossible de répondre, du moins en ce qui regarde l'inflammation, dans la presque totalité des gros accidents. Les facilités relatives du déblaiement, la rapidité avec laquelle il a pu être conduit, l'état de conservation du lieu origine de la catastrophe ont singulièrement facilité la tâche des ingénieurs de l'État dans l'enquête consécutive à l'accident.

Quand nous marchions vers le chantier Galland et qu'il ne restait plus de doute sur l'origine de l'explosion, M. de Castelnau s'attendait à trouver une des lampes ouverte ou détériorée, ce qui eût expliqué l'inflammation par une imprudence ou une maladresse. Les lampes, examinées avec le plus grand soin, n'ont rien montré de tel : le verre était intact, le tamis non percé, l'ajustage bien fait.

Dès lors, en présence du type employé pour l'éclairage, de l'absence absolue de soufflards au front de taille et de la quantité faible de grisou contenu dans le chantier, M. de Castelnau fut amené à cette conviction que la catastrophe avait exigé, pour se produire, la réunion des deux circonstances suivantes :

Dégagement anormal de grisou; — Défaut de sécurité de la lampe.

Comme nous allons le voir, admettre cet ensemble de causes, c'est en écarter une autre qui aurait tenu à des conditions de prudence défectueuses dans la conduite des travaux; l'enquête approfondie à laquelle s'est livré le Service des mines pouvait seule écarter cette idée d'une

façon certaine. C'est pourquoi nous reprendrons l'ensemble des faits acquis et nous chercherons à démontrer que l'hypothèse émise par M. de Castelnau est la seule qui puisse expliquer l'accident.

Pour qu'un accident de grisou se produise, il faut, à la fois, un milieu explosif et un mode d'inflammation, et la cause de l'accident est toujours double. Or, il est indiscutable que les seules manières possibles d'obtenir un mélange explosif dans la mine sont les suivantes :

1° Milieu explosif préexistant au chantier de l'explosion, par suite d'insuffisance normale de l'aérage, d'un manque de surveillance, etc. ;

2° Milieu devenant explosif par un dégagement anormal ou inopiné de gaz ;

3° Milieu devenant explosif par diminution générale ou locale de l'aérage.

Nous ne retiendrons que les deux premières causes, car l'aérage n'aurait pu cesser, d'une manière générale, que par l'arrêt du ventilateur ; d'une manière locale, par l'ouverture simultanée et prolongée des deux portes de la traverse n° 2 au 109. Or, rien ne permet de croire à un arrêt du ventilateur ; quant à l'ouverture simultanée des portes, elle est aussi peu vraisemblable, celles-ci se refermaient en effet seules. Aucun train n'a été trouvé entre elles deux, ni à proximité, et le portier chargé de les surveiller est mort à son poste au pied du plan n° 2.

Il ne reste donc que deux hypothèses, celle d'un milieu explosif préexistant au chantier Galland, ce qui impliquerait immédiatement un manque absolu de prévoyance ou de surveillance, et celle d'un dégagement anormal de grisou.

Comme causes d'inflammation, nous ne connaissons, d'une manière certaine, que les suivantes :

1° Tirage à la poudre ;

2° Imprudence d'un ouvrier ;

3° Défectuosité spéciale d'une lampe ;

4° Manque de sécurité d'un type de lampe.

(Il y aurait encore l'existence d'un feu dans la mine. Nous n'en parlons que pour mémoire).

La première et la troisième cause s'éliminent de suite, le tirage à la poudre n'a jamais été pratiqué dans les quartiers du bas, et l'examen le plus attentif a prouvé que les lampes étaient en parfait état.

Ces lampes étaient du système Cosset-Dubrulle, dans lequel le verrou qui sert à la fermeture et la mèche sont solidaires d'une même vis, de telle façon qu'on ne peut ouvrir la lampe sans l'éteindre. Les lampes ramassées dans la mine après l'accident étaient vissées à fond : par suite les ouvriers n'avaient nullement cherché à les allumer. Une imprudence s'expliquerait seulement par le désir de fumer.

Le grisou a donc été enflammé, soit par une allumette qu'un ouvrier du chantier Galland aurait allumée *pour fumer*, soit par suite d'un manque de sécurité du type de lampes Cosset-Dubrulle, dans les conditions spéciales auxquelles l'une de ces lampes a pu se trouver exposée.

Remarquons enfin que les deux causes de production du milieu explosif et les deux causes d'inflammation qui pourraient, à la rigueur, former quatre combinaisons, n'en fournissent que deux vraisemblables, car il serait antirationnel de supposer que les ouvriers ont commis une imprudence au moment précis où un dégagement anormal de grisou la rendait dangereuse. Nous arrivons donc à ces deux hypothèses :

1° Milieu normalement explosif et imprudence d'un ouvrier ;

2° Dégagement anormal de grisou et manque de sécurité du type de lampe employé dans les conditions exceptionnelles créées par ce dégagement.

Nous avons certainement énoncé toutes les causes

possibles de production d'un milieu explosif et nous avons, dans l'état actuel de nos connaissances, formulé toutes celles qui ont pu déterminer l'inflammation.

La certitude que l'aérage n'a pas été suspendu, l'absence de tirage à la poudre, le bon état des lampes, nous ont suffi pour restreindre beaucoup le champ des hypothèses et pour ramener toute la discussion aux points suivants :

La mine était-elle normalement explosive?

Les ouvriers ont-ils commis une imprudence?

La lampe employée peut-elle se trouver en défaut dans le cas d'un dégagement anormal?

Nous avons consulté les archives de la mine, interrogé tout le personnel dirigeant et la plus grande partie du personnel ouvrier. Cette enquête et les très nombreuses visites que nous avons faites depuis un an dans les quartiers grisouteux nous permettent d'affirmer qu'au chantier Galland le milieu n'était pas explosif. La gaîne arrivait à $2^m,70$ du front de taille; jamais, dans ces conditions, l'atmosphère du chantier ne marque plus à la lampe que celle du courant d'air, car les 7 mètres cubes d'air qui passaient alors dans cet étroit espace brassaient le grisou et n'en laissaient pas, même en couronne, même derrière les cadres; tout au plus, dans des points exceptionnels, voit-on une lame de grisou s'élever le long du front de taille, mais, dans une position inaccessible à la lampe du mineur.

Nous avons examiné avec soin, à l'aide d'une lampe Pieler, plus de 300 chantiers grisouteux dans la mine de Campagnac, et nous sommes certains que l'atmosphère d'un chantier aussi net, aussi bien aéré que celui de Galland, n'a pu différer que d'une manière insensible (par exemple au maximum 1/4 p. 100, évalué à la lampe Pieler) du courant qui y entre et qui en sort, en admettant naturellement qu'aucun dégagement anormal n'ait

lieu à ce chantier même, mais la discussion de ce point se fera en même temps que celle de la troisième hypothèse. Nous résumons tout ce qui précède de la manière suivante :

Admettre, dans le chantier Galland, en l'absence de dégagement anormal, une atmosphère aussi dangereuse qu'elle l'a été, c'est admettre un courant explosif régnant dans la plus grande partie de l'étage 109, ce qui supposerait une mine normalement dangereuse et un défaut absolu de surveillance.

Or, rien ne nous permet de penser que les quartiers grisouteux aient été laissés dans un pareil état. En ce qui concerne le chantier Galland, le maître-mineur, le chef de poste et les ouvriers de jour affirment que cet avancement était peu grisouteux. (On entend toujours le chant du grisou au front de taille, dans les chantiers du 109, sans que pour cela la lampe en décèle).

De plus, l'enquête a prouvé que le chef de poste de nuit, Costes, a fait au moins une visite complète des chantiers du fond et probablement deux, cela ressort des paroles qu'il a prononcées devant les receveurs du 1[illegible], quand il est venu chercher son repas : il a déclaré de plus, que sa tournée ne lui avait pas montré plus de grisou qu'à l'ordinaire.

L'enquête a porté sur l'état général de la mine et rien n'autorise non plus à penser qu'en aucun point se soit trouvée une accumulation de gaz capable d'amener une catastrophe comparable à celle du 3 novembre.

Si dans une ou deux visites administratives on a, en 1887, trouvé du grisou en certains points de la mine, plusieurs autres ultérieures ont montré que la mine était, à cet égard, en bon état. M. de Castelnau, dans une visite complète des étages grisouteux, n'avait rien remarqué d'anormal et avait constaté que la mine était bien aérée. Des jaugeages anémométriques étaient effectués

chaque semaine, accompagnés de dosages à la lampe Pieler; leurs résultats étaient soigneusement notés sur un registre spécial. Il est arrivé à plusieurs reprises que le retour d'air des quartiers grisouteux a marqué 2 p. 100, et cette augmentation du grisou a toujours été suivie, par mesure de prudence, de l'arrêt des travaux d'avancement.

Les essais faits régulièrement sur le retour d'air et la quantité non dangereuse (1 à 2 p. 100) de grisou qu'ils révélaient, le petit nombre de chantiers placés sur le courant (8 au maximum, 5 la nuit de l'accident), le soin tout particulier avec lequel étaient confectionnées les gaînes et les portes, le remblayage des vides inutiles, l'interdiction du tirage à la poudre, les visites administratives satisfaisantes, nous paraissent démontrer le souci que prenaient les exploitants de la sécurité de leur mine et l'impossibilité d'y rencontrer *normalement* la quantité de grisou qui seule a pu causer la catastrophe. Ces raisons sont encore renforcées, en ce qui concerne le chantier Galland, origine de l'explosion, par les dépositions des ouvriers et la certitude que le chef de poste l'a visité, quelques heures auparavant, sans y trouver rien à signaler.

C'est pourquoi nous avons été amenés à exclure l'idée qu'un manque de prudence ou un défaut de surveillance eût causé la catastrophe.

Le mélange explosif est dû à un dégagement anormal. — Nous voici conduits forcément à l'idée d'un dégagement anormal, subit, très violent de grisou; il ne s'agit plus que d'en rechercher l'origine et le mode d'inflammation; pour ce dernier nous ne pouvons hésiter, comme il a été dit, qu'entre l'imprudence d'un ouvrier du chantier Galland et le manque de sécurité du type de lampe Cosset-Dubrulle, sous l'influence d'un courant explosif.

Nous rappellerons que l'examen du chantier de l'explosion ne permet pas de croire que le dégagement anormal ait eu lieu à son front de taille, le chantier étant resté tel que l'avait laissé le poste de jour, et la position des cadavres ne révélant aucun indice de fuite ou de crainte quelconque. Nous pouvons donc affirmer que le dégagement a eu lieu en amont des ouvriers.

En quel point? Nous avons mis quelque temps à le déterminer. Nous nous sommes d'abord arrêtés à la faille éboulée en l'accusant, un peu par nécessité, d'avoir donné issue au gaz en s'éboulant et d'avoir caché sous les déblais la preuve directe de ce dégagement exceptionnel. Si nous étions remontés plus haut encore, nous aurions trouvé, à l'extrémité de la traverse n° 2, le seul endroit des travaux du 109 qui n'eût pas été visité pendant le sauvetage parce que les corps des ouvriers qui y travaillaient avaient été trouvés ailleurs, le soufflard, d'une intensité extraordinaire, qui s'y était produit et que l'on n'a découvert que plus tard, ainsi qu'on le verra dans la suite de cette note.

Cause de l'inflammation. — L'existence d'un dégagement subit admise, revenons avec détail à la cause de l'inflammation. Est-ce une allumette, est-ce la lampe? De ce que la lampe était, comme nous le verrons, assez défectueuse dans son type pour avoir pu causer l'inflammation, il ne s'ensuit pas qu'on doive sans autre preuve éliminer l'imprudence; nous allons donc examiner cette hypothèse, en faisant remarquer cependant que, si elle s'accorde bien avec l'existence d'une atmosphère normalement dangereuse, il y a quelque difficulté pour l'esprit d'admettre que l'imprudence se soit produite au moment précis où le dégagement de grisou la rendait dangereuse. Les lampes étant vissées à fond, il ne pouvait être question que d'allumer une cigarette; or l'enquête a

laquelle nous nous sommes livré sur le caractère des deux ouvriers, a montré Galland comme un ouvrier d'une prudence consommée, excellent chef de chantier, énergique, connaissant le danger du poste où on l'avait mis, ne fumant pas, et tous se sont accordés à dire qu'il n'aurait jamais permis à son manœuvre de le faire, si, par impossible, celui-ci l'avait tenté; de telle façon que Serin, s'il avait été assez imprudent pour fumer pendant le roulage, n'aurait pas pu allumer sa cigarette auprès du front de taille, dans l'endroit où on l'a trouvé. Tout indique au contraire que les deux ouvriers travaillaient, l'un à sous-caver, l'autre à charger, et que la mort les a surpris sans qu'ils aient commis d'imprudence et sans que le danger leur ait été révélé.

La découverte de certains débris, faite dans le triage, laisse soupçonner que Serin avait des allumettes sur lui; après un examen attentif, notre opinion n'en a été nullement modifiée. Nous ne voyons là qu'une simple coïncidence, et le fait est d'autant plus vraisemblable que des allumettes et du tabac ont été trouvés sur six des cadavres.

Il faut donc que la lampe ait causé le malheur. Est-elle capable de le faire, et d'abord, quelles étaient les positions de celles des victimes? Bravard, nous l'avons dit, a trouvé ces lampes entre le chariot et la paroi de droite, celle de Serin au pied même du char, celle de Galland au niveau de l'extrémité de la gaîne et à quelques centimètres de celle-ci. Il semble donc que Serin avait accroché sa lampe au char, et cela s'explique d'autant mieux que, d'après nos prévisions, il maniait la pelle à ce moment. Quant à Galland, qui sous-cavait, il avait accroché sa lampe, soit à la butte extrême supportant la gaîne, soit peut-être même au pied-droit qui lui faisait face. Dans tous les cas, cette lampe a reçu, la première, le choc du courant gazeux explosif dû au dégagement de grisou. La

vitesse avec laquelle ce courant a rencontré la lampe a dû être considérable; il est facile de la calculer et de s'en rendre compte expérimentalement; la moyenne de vingt et une observations donne un volume de 7 mètres cubes pour le courant d'air qui aérait le chantier Galland. Quant à la section des petits compartiments d'aérage, elle est comprise entre $1^{m^2},25$ et $1^{m^2},30$, ce qui donne une vitesse théorique de $5^m,38$ pour le petit goyau (et de $2^m,50$ pour le grand). Cette vitesse était naturellement loin d'être atteinte à cause des pertes inévitables par une gaine longue de 15 mètres. Cependant, les expériences directes faites dans des conditions assez défectueuses, sur une gaîne joignant mal avec la couronne, mais par compensation moins longue que celle du chantier Galland, nous ont donné $3^m,84$. Il est hors de doute que, au débouché du petit compartiment dans le chantier, le courant d'air était animé d'une vitesse supérieure à 3 mètres par seconde.

La lampe Cosset-Dubrulle, supposée en parfait état, peut-elle, à coup sûr, résister à l'action d'un courant explosif qui la frappe horizontalement avec une vitesse de 3 mètres? (L'action horizontale du courant a même été aggravée par celle du remous résultant du changement brusque de section.) L'expérience prouve que non. Dans ces conditions, la propagation de la flamme hors de la lampe est très probable. C'est donc là qu'il faut chercher la seconde cause de la catastrophe.

Examen critique de la lampe Dubrulle. — La lampe du système Cosset-Dubrulle se compose de deux parties d'un mérite inégal.

La rave, qui constitue la partie originale et brevetée, est munie d'une fermeture spéciale ne permettant d'ouvrir la lampe qu'après l'avoir éteinte; elle est soigneusement construite.

L'appareil de sûreté se compose, comme dans la lampe Mueseler, d'un tamis de toile métallique et d'un diaphragme muni d'une cheminée; mais les dimensions de la lampe Mueseler réglementaire de Belgique, ont été dénaturées par le constructeur, dans le but, sans doute, d'obtenir un éclairage meilleur et une moins facile extinction, et ce changement suffit pour provoquer une différence considérable dans le degré de sécurité des deux lampes.

Dans un milieu grisouteux au repos, les éléments de sécurité d'une lampe à flamme de grandeur normale, sont la grandeur des mailles du tamis et le volume que peut occuper à l'intérieur le mélange gazeux; car de ce volume dépend la vitesse avec laquelle l'explosion intérieure vient frapper la toile, et par suite le passage de la flamme à l'extérieur. Toutefois, les lampes les moins sûres que l'on ait construites jusqu'à présent l'ont toujours été assez pour ne présenter aucun danger, si rien ne vient modifier l'état de repos du milieu. Mais des circonstances tellement multiples peuvent agiter l'atmosphère d'un chantier qu'il faut toujours, pour évaluer la sécurité d'une lampe, la supposer dans un milieu en mouvement; ce mouvement peut d'ailleurs n'être que relatif et être dû à la maladresse d'un ouvrier; en tous cas une cause normale d'agitation réside dans l'aérage.

Le milieu explosif pénétrant dans la lampe, s'enflamme, l'explosion se fait à l'intérieur et sa vitesse augmente jusqu'au tamis. Si à cette vitesse vient s'ajouter celle du milieu explosif, la toile peut n'être pas suffisante pour arrêter la flamme. Dans le type le plus simple, celui de la lampe Davy, une vitesse de 2 mètres, ajoutée à celle de la propagation, suffit à faire passer la flamme. Le danger une fois connu, des artifices multiples ont été tentés pour y remédier. Dans les lampes Clanny et Boty, l'alimentation est renversée, les produits brûlés viennent se mêler aux produits combustibles pour en diminuer

l'explosibilité et la vitesse propre d'explosion; ce moyen est d'ailleurs assez précaire et loin de valoir les suivants. Dans les lampes Marsaut, Gray, Fumat, on brise la vitesse du courant explosif par une cuirasse ou par tout autre moyen en l'obligeant à suivre un chemin compliqué avant d'arriver sur la mèche; dans la lampe Mueseler et pour des conditions normales d'alimentation, la solution est plus radicale encore, car un organe spécial, la cheminée, empêche l'explosion d'atteindre le tamis et la limite à un diaphragme, placé si près de la mèche que la vitesse de propagation est alors trop faible pour offrir aucun danger. La cheminée, haute, étroite, sert de sortie aux produits brûlés, mais la sortie est assez lente pour que l'extrémité de la cheminée soit toujours encombrée de gaz inertes qui empêchent, d'une manière absolue, l'explosion de se propager jusqu'au tamis. Quant au diaphragme, il est, nous l'avons dit, trop *voisin* de la mèche pour qùe la flamme puisse le franchir.

Nous sortirions absolument des circonstances de l'accident de Campagnac en voulant examiner ce qui se passe quant on fait petit feu; ce cas est à la fois moins intéressant, plus difficile, et il expose à des dangers plus grands, bien que se manifestant d'une manière assez capricieuse.

Les éléments de sécurité de la lampe Mueseler sont la longueur et l'étroitesse de la cheminée: la Commission belge, qui l'a bien compris, a réglementé ces éléments d'une manière étroite et précise. Malgré cela, malgré les expériences de MM. Mallard et Le Chatelier et celles de M. Marsaut montrant « quel est le danger de modifier arbitrairement, comme le font certains constructeurs, le type de la lampe » (*Ann. des min.*, 8e sér., t. III, p. 65), malgré celles de la Commission française du grisou et ce qu'on lit dans les *Principes à consulter* (page 47): « la sécurité de la lampe Mueseler peut être de beaucoup

atténuée, si l'on modifie d'une manière notable les dimensions des pièces essentielles et particulièrement les dimensions du cône qui sert de cheminée et la position de ce cône dans l'intérieur de la lampe », les constructeurs ont dénaturé les dimensions de la lampe Mueseler type pour supprimer la facile extinction qui constitue le principal défaut de cette lampe.

Le tableau ci-dessous résume la différence entre la Mueseler type et la Cosset-Dubrulle qui était en service à Campagnac :

		Mueseler type	Cosset-Dubrulle
Cheminée.	Diamètre intérieur au sommet	10mm	15mm
	— — à la base	30	28
	Hauteur du cône inférieur	27	27
	— totale de la cheminée	117	72
	— de la cheminée au-dessus du diaphragme.	90	45
	— de la base au-dessus du porte-mèche	22	24
	Nombre de mailles au centimètre carré	144	158

La *fig.* 5, Pl. VI, met en évidence les mêmes différences. On voit, de suite, combien les cheminées se ressemblent peu et de quelle manière différente elles doivent se comporter dans un milieu explosif : l'une, remplie de produits inertes, arrête l'explosion ; l'autre, trop courte et trop large, peut la laisser passer ; la flamme arrive alors au tamis et sa vitesse propre, jointe à celle du milieu, propage, comme dans la lampe Davy, l'explosion au dehors.

Nous avons voulu étayer cette manière de voir, bien qu'énoncée par les savants autorisés cités plus haut, de quelques expériences.

Une cloche Marsaut fut installée à Campagnac : la lampe Dubrulle a, presque toujours, laissé passer la flamme par la cheminée dans le cylindre de toile et cela avec une flamme ordinaire ; la lampe Mueseler n'a naturellement jamais donné rien de pareil.

Une lampe Dubrulle est placée dans la cloche, elle se

remplit de flamme ; nous soufflons dessus avec un simple soufflet à main, la flamme envahit la cloche.

Un bec de gaz est placé horizontalement contre le tamis à une hauteur variable entre le diaphragme et le sommet de la cheminée; on l'ouvre : 90 fois sur 100 la flamme sort par la cheminée et vient enflammer le bec de gaz. Jamais rien de semblable avec la lampe Mueseler.

Une certaine lampe Dubrulle n'a jamais transmis l'explosion et cela tient, après examen, à ce que la cheminée en était notablement plus étroite que la grande majorité des cheminées de ce type (*).

Si l'on obstrue la moitié de la cheminée d'une lampe Dubrulle, elle ne transmet plus l'explosion.

Conclusion. — De cette discussion, nous concluons que le manque de sécurité de la lampe Cosset-Dubrulle, employée à Campagnac (comme des lampes Mueseler bâtardes en général), dans le courant explosif violent auquel elle a été exposée au chantier Galland, est la cause de beaucoup la plus vraisemblable de l'inflammation. Nous ne disons pas la cause certaine, parce qu'il nous est impossible d'écarter, d'une manière irréfutable, la question d'imprudence ; mais, si on veut bien se reporter à ce qui touche cette hypothèse, on comprendra que nous avons la conviction que la lampe a été mise en défaut dans les circonstances exceptionnellement dangereuses où elle s'est trouvée placée.

Découverte d'un soufflard. — Quant à l'origine du dégagement, seul point qui nous reste à déterminer

(*) La lampe Dubrulle, qui est caractérisée par son mode de fermeture, n'est pas invariable dans ses autres parties; il peut y en avoir, de ce type, dont les divers organes aient des dimensions assez rapprochées de celles de la lampe Mueseler pour être aussi sûres que celle-ci.

dans la reconstitution de la catastrophe, elle a été découverte, le 30 janvier 1889, dans la traverse du mur, sous forme d'un soufflard tout à fait exceptionnel, autant par son débit que par le passage qu'il s'est ouvert au travers du charbon.

Ainsi que nous l'avons dit plus haut, le travers-banc du mur n'avait pas été relevé, parce que les deux ouvriers qui y travaillaient, Carattier et Lacombe, avaient été retrouvés dans la recoupe qui lui fait face. La Compagnie, désireuse de ne laisser subsister aucun vide en dehors du courant d'air, déblaya ce travers-bancs dans le mois de janvier. Par une lettre en date du 30 janvier, M. Seibel nous annonçait la découverte, au front de taille, d'un soufflard très remarquable. Le 1er février, nous allâmes le voir, M. l'Ingénieur en chef le vit la semaine suivante, et nous y sommes retournés maintes fois depuis.

Le front de taille était intact, mais dans le poste de la nuit pendant laquelle la catastrophe s'est produite, les ouvriers avaient creusé, sur la gauche, une entaille haute de $1^m,50$, profonde de $0^m,10$, large de $0^m,20$ (déposition de l'ouvrier Calmels, qui avait travaillé pendant le jour, le 2 novembre, à ce chantier). Dans cette entaille, à $1^m,40$ du sol, s'ouvrait un trou béant, dont l'entrée avait $0^m,15$ de diamètre : sa forme était celle d'un cône, dont l'axe, d'abord normal au front de taille, remontait ensuite en tournant à gauche ; la profondeur du trou pouvait être évaluée à $0^m,40$, la main y entrait ainsi que la moitié de l'avant-bras. Les parois en étaient garnies de charbon broyé, tandis que le trou était ouvert dans un charbon très dur ; nous n'avons pas trouvé de charbon broyé au front de taille, mais l'explosion avait dû le disperser.

Un jet très net de grisou, sensible à l'oreille et à la main, sortait de ce trou ; la couronne du chantier qui se trouvait au-dessus était explosive.

Au 1er février 1889, des expériences faites à la lampe Pieler nous ont donné :

Avant le travers-bancs.	1/2 p. 100 de gaz.	
Après —	3/4	—

ce qui, avec un aérage de 7 mètres cubes, donne un dégagement par seconde de 18 litres de grisou pur. Tel était la quantité de gaz que dégageait le soufflard *trois mois après l'accident.*

Le 1er mars suivant, son activité semblait un peu diminuée, mais le grisou continuait à en sortir d'une façon très nette et en assez grande quantité pour créer une différence sensible entre l'état de l'atmosphère avant et après le travers-bancs.

Les ouvriers étant, lors de la catastrophe, à l'amont du courant d'air, les premières lampes qu'a rencontrées le courant grisouteux sont celles de Galland et de Serin, c'est-à-dire celles sur lesquelles s'est faite l'inflammation.

Causes de la catastrophe. — D'après ce qui précède, la vitesse de l'air dépassant 3 mètres au point où se trouvaient les lampes, et, une pareille vitesse donnée à un courant explosif suffisant à faire sortir la flamme de la lampe Dubrulle, les causes les plus vraisemblables de la catastrophe sont les suivantes :

Dans la nuit du 2 au 3 novembre, les ouvriers Cartier et Lacombe avaient commencé une entaille ; cette entaille ne laissait qu'une croûte légère sur un sac de grisou. Ces deux ouvriers sont allés dîner ; pendant leur absence, la croûte céda, un soufflard se produisit, qui lança des torrents de gaz dans la mine ; le courant explosif arriva sur les lampes de Galland et Serin, et, après un temps qui n'a peut-être pas été inappréciable, fit sortir la flamme de l'une d'elles. L'explosion se produisit.

Tout s'explique ainsi, et l'abondance du grisou et l'étendue de la catastrophe, puisque, au moment de l'explosion, l'aval du courant d'air était sans doute infesté sur une certaine longueur et que, en tout cas, le grisou remplissait complètement les 215 mètres de galerie qui séparent le chantier Galland du soufflard.

Rappelons sur quelle étendue se sont produits les dégâts et à quelle distance ont été frappées les victimes; la flamme a parcouru 1.700 mètres au moins, les gaz irrespirables se sont répandus en quantité colossale dans les étages les plus éloignés du point de l'explosion; pendant les dix jours qui ont suivi l'accident, l'étage 109, où tout travail était suspendu, n'a pas dégagé moins de 200.000 mètres cubes de gaz. Il ne fallait rien de moins qu'une cause aussi puissante pour produire de pareils effets.

L'éboulement de la faille que nous avions tout d'abord considéré comme cause redevient un effet de l'explosion; mais, à part cela, toutes les conclusions que nous avons tirées de l'examen des circonstances de l'accident subsistent. Comme l'avait pensé, dès les premiers jours de l'accident, M. l'ingénieur en chef, la catastrophe est bien due à un dégagement anormal de grisou, venu de derrière les ouvriers, et qui, avec l'aérage actif existant, a fait sortir la flamme des lampes Cosset-Dubrulle.

On pourrait s'étonner qu'en franchissant le travers-bancs du mur, les sauveteurs n'aient pas perçu l'accroissement du grisou. A cela nous répondrons que le gaz, sans doute bien réduit déjà, devait gagner le haut de la galerie; quant aux observations de la flamme, elles se faisaient toujours au commencement et à la fin de chacune des deux galeries jumelles, l'augmentation sensible constatée était par suite attribuée à la faille. Rappelons que le travers-bancs a 60 mètres de long et que le sifflement du gaz ne s'entend pas à cette distance.

Le soufflard en question est un « *blower* » (voir le rapport de mission en Angleterre de MM. Pernolet et Aguillon) d'une puissance exceptionnelle. La cavité de laquelle sortait le gaz paraît en relation avec une faille anticlinale qui est peut-être la même que la faille du Nord, sans qu'on puisse rien préciser, tant l'allure de ces accidents est irrégulière dans le bassin d'Aubin.

Une particularité curieuse de la couche de Campagnac, remarquée par M. l'Ingénieur en chef, a peut-être joué un rôle dans la production ou plutôt dans la mise à ... de ce soufflard pendant le repos des ouvriers. Dans beaucoup de chantiers, même non grisouteux, des éclats de charbon d'un volume quelquefois assez fort se détachent du front de taille avec des décrépitations dont l'intensité peut atteindre celle d'un coup de mine très voisin. Il se peut que ce soit un fait de cette espèce qui, détachant des éclats du chantier Carattier pendant le repos des ouvriers, ait assez affaibli le front de taille au voisinage immédiat de la source de grisou pour amener une rupture d'équilibre et l'invasion subite du gaz.

Le soufflard a brusquement disparu vers le 15 juin, et cela, à la suite de travaux exceptionnellement grisouteux aux travers-bancs 1 et 2 du 119 qui s'avançaient presque à l'aplomb de ce soufflard.

MESURES PRISES A LA SUITE DE L'ACCIDENT.

Les premières présomptions émises par M. de Castelnau et complètement confirmées par la suite de l'enquête, tendaient, nous l'avons dit, à attribuer l'inflammation à la mise en défaut de la lampe de sûreté employée à Campagnac. La première mesure qui suivit l'accident fut donc le remplacement de ce type par un autre présentant autant de sécurité que possible.

Ce fut la lampe Marsaut qui fut adoptée. La substitu-

tion, immédiate pour les étages du fond, s'est complétée pour les autres et la lampe Marsaut reste aujourd'hui la seule en service dans cette mine. Ingénieurs et ouvriers s'en montrent également satisfaits.

Les raisons qui ont fait choisir ce type de préférence à la Mueseler, sont les suivantes. Les galeries étant fort élevées dans le bassin d'Aubin, il importe, pour éviter les éboulements et les chutes de blocs, qui sont assez fréquents, que l'ouvrier puisse commodément inspecter la couronne et, pour cela, pencher la lampe. Or, la lampe Marsaut éclaire mieux et on peut lui donner une plus forte inclinaison sans risquer de l'éteindre. De plus, elle offre une très grande résistance dans les courants à grande vitesse tels que ceux qui parcourent la mine de Campagnac, tandis que la lampe Mueseler a été, dans certains cas, mise en défaut sous l'action de courants plongeants et ayant pour effet de renverser le sens suivant lequel elle est alimentée par l'air.

Pour remédier à l'inconvénient qui résulte de ce que la cuirasse cache les tamis, on remet à l'ouvrier la lampe en deux parties, la cuirasse d'un côté et la lampe proprement dite de l'autre : l'ouvrier peut ainsi vérifier, après le lampiste, que sa lampe porte bien ses deux tamis, puis il visse lui-même la cuirasse. En outre, la vérification de l'état des lampes est opérée chaque jour, à l'entrée du poste, par un ouvrier chef de chantier. Tous les chefs de chantier sont à tour de rôle chargés de ce contrôle et ils s'en acquittent avec beaucoup de soin ; ils reçoivent, pour cela, une rémunération spéciale.

Pour parer aux dangers résultant de l'ouverture frauduleuse des lampes par les ouvriers, la Société des mines de Campagnac a adopté et mis en usage, immédiatement après la catastrophe, la fermeture au rivet de plomb.

Enfin, nous rappellerons qu'à la suite de l'instruction à laquelle cette catastrophe a donné lieu de la part des

Ingénieurs des mines, est intervenue, le 8 août 1889, une circulaire ministérielle proscrivant l'emploi des lampes Mueseler bâtardes, c'est-à-dire des lampes qui, par le raccourcissement et l'évasement de la cheminée, s'écartent notablement du type Mueseler belge.

A toutes ces mesures de précaution, la Compagnie a ajouté les suivantes.

Les ouvriers les plus sérieux sont mis aux chantiers dangereux. Des fouilles ont systématiquement lieu sur un certain nombre d'ouvriers pris au hasard; les résultats en sont inscrits sur des imprimés *ad hoc;* tout ouvrier porteur d'une allumette est impitoyablement renvoyé.

Le tirage des coups de mine est interdit dans les étages du fond; pour les autres, le tirage est fait par un boute-feu spécial et avec les explosifs de sûreté.

Le maître-mineur examine chaque jour une quarantaine de lampes dans la mine et consigne ses observations sur un registre spécial.

La quantité de grisou dégagé, l'état et le dosage du courant d'air sont aussi l'objet d'une surveillance particulière. Des essais anémométriques et des dosages grisoumétriques sont effectués deux fois par semaine, et leurs résultats inscrits sur un registre spécial. La *teneur* maxima tolérée dans les retours d'air est de 1 1/2 p. 100. Quand la proportion est plus forte, des chantiers sont arrêtés, et ils ne sont repris que lorsque le grisou s'est dégagé en quantité suffisante pour que la limite de teneur ci-dessus indiquée ne soit pas dépassée. Les courants du 109 et du 119 ont été séparés quelque temps après l'accident; l'emploi de lampes à cuirasse capables de supporter une plus grande vitesse a permis d'augmenter encore la quantité d'air; les longues gaînes sont condamnées en principe et remplacées, toutes les fois que le développement de la couche le permet, par des galeries jumelles, avec recoupes d'aérage; les portes sont

l'objet d'un soin particulier, un charron est établi à demeure dans la mine pour les réparer.

L'aérage a été modifié de fond en comble autant pour mettre le travers-bancs de roulage dans l'air pur que pour parer à la ruine du puits d'Offet, sous lequel s'avançaient les travaux. Un nouveau ventilateur Farcot a été installé sur le puits n° 3 muni d'un clapet Briart; en outre, le ventilateur qui fonctionnait sur le puits d'Offet a été transporté et établi sur ce même puits n° 3. Le nouvel appareil doit fournir, à la vitesse de 90 tours, un débit de 35 mètres cubes. Ces deux ventilateurs se suppléent l'un l'autre et fonctionnent l'un ou l'autre sans aucune discontinuité. Une nouvelle galerie au rocher a été pratiquée, au 109, pour porter directement l'air du puits d'entrée vers l'extrémité du quartier Nord.

Le traçage serré du 119 semble avoir assaini complètement la couche à cet étage : les débuts du traçage ont en effet souvent rencontré le grisou en quantité inquiétante, tandis qu'actuellement le dépilage par grandes tailles se poursuit sans difficulté. Le retour d'air de cet étage marque généralement de 1/2 à 3/4 p. 100 de grisou, rarement 1 p. 100.

Le 109, au contraire, continue à être grisouteux, et la teneur augmente très sensiblement quand on tente de courtes descentes dans la couche. Cependant, en 1889, le retour d'air de cet étage s'est maintenu entre 3/4 et 1/4 p. 100 avec des alternatives diverses, des suspensions nombreuses de travail, un nombre toujours très limité de chantiers (5 au maximum) et un aérage de 5 mètres cubes.

Il faut citer toutefois le dégagement exceptionnel qui a eu lieu au 109, du 18 au 25 octobre 1889 : malgré la suspension de tout travail, la proportion de grisou s'est élevée brusquement à 2, puis à 2 1/2 p. 100, ce qui correspond à un dégagement de 125 litres par seconde.

Chose curieuse, ce dégagement, qui a duré huit jours, n'a guère eu lieu qu'au 109, mais en tous les points de cet étage étendu et surtout aux environs de deux descenderies faites à l'avancement Nord. Notons ici à titre de renseignement qu'il s'est produit à la même époque une baisse barométrique de 20 millimètres de même durée.

Les ouvriers paraissent avoir grande confiance dans leur lampe, le maître-mineur leur apprend à reconnaître le grisou qu'ils évaluent en millimètres d'auréole; ils deviennent très habiles à cette évaluation. Nous avons vu un ouvrier reconnaître avec sa lampe, à mèche mal taillée pourtant, une proportion de 1 1/4 p. 100. Il est recommandé aux ouvriers de toujours procéder à l'examen d'une cloche avec la flamme ordinaire; c'est seulement si celle-ci ne s'allonge ou ne vacille pas qu'ils examinent au petit feu.

Chaque reprise du travail est précédée d'une visite de tous les chantiers, dont les résultats sont consignés par le maître-mineur ou le chef de poste sur un registre spécial.

Enfin, le règlement de la mine, qui datait d'une époque où l'état de choses était beaucoup moins dangereux, a été revisé et rendu aussi sévère que le comportent les conditions actuelles.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. DU SOUICH

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

Par M. E. CASTEL, Inspecteur général des mines.

M. Charles-Amable-Alban Judas du Souich, que le Corps des mines a eu la douleur de perdre le 13 avril 1888, était né à Amiens le 6 avril 1812, d'une ancienne famille de Picardie.

Entré à dix-sept ans à l'École polytechnique, d'où il sortit en 1831 comme élève-ingénieur des mines, il fut, en 1835, chargé du service du sous-arrondissement minéralogique d'Arras. Successivement ingénieur ordinaire de 2e classe le 9 janvier 1837, de 1re classe le 8 mars 1847, il fut promu, le 7 février 1852, au grade d'ingénieur en chef, et envoyé, en cette qualité, à Saint-Étienne, où il resta dix ans et demi, chargé du service de l'arrondissement minéralogique, auquel il réunit, pendant six ans, le service du contrôle du chemin de fer de Rhône-et-Loire, et pendant deux ans la direction de l'École des mineurs.

Il fut appelé, le 5 septembre 1862, toujours comme ingénieur en chef, au service des appareils à vapeur de la Seine, et le 28 juin 1865 au service de l'arrondissement minéralogique de Paris.

Nommé inspecteur général de 2e classe le 11 juillet 1866, puis inspecteur général de 1re classe le 14 juin 1872, il fut d'abord chargé de la division du centre, et, à partir du 10 mars 1869, de la division du nord-ouest, dont il conserva l'inspection jusqu'en 1878.

Depuis le 23 mai 1879 jusqu'à sa retraite en 188[illegible], M. du Souich est resté vice-président du Conseil général des mines. Il avait d'ailleurs été successivement nommé membre du Conseil de l'École des mines, de la Commission spéciale de la carte géologique détaillée de la France, du Comité consultatif des poudres et salpêtres (au ministère de la guerre), président de la Commission spéciale chargée d'étudier la question des modifications que peut réclamer la statistique de l'industrie minérale, membre de la Commission chargée d'étudier les moyens propres à prévenir les explosions de grisou, membre, puis président de la Commission centrale des machines à vapeur, membre du Conseil supérieur des voies de communication, membre du Conseil de perfectionnement de l'École des mines, président de la Commission spéciale de la carte géologique détaillée, président de la Commission des Annales des mines. Il était en outre membre du Conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine.

Chevalier de la Légion d'honneur le 10 décembre 1850, il avait été promu le 13 juillet 1862 au grade d'officier, et il reçut le 19 juillet 1880 la croix de commandeur.

Il avait obtenu en 1855 une médaille d'honneur à l'Exposition universelle pour ses travaux géologiques sur le Pas-de-Calais.

Pendant sa longue carrière, M. du Souich a rempli plusieurs postes importants, dans lesquels il s'est toujours fait remarquer par son amour du travail, son esprit judicieux et droit, sa science profonde en tout ce qui concerne l'art de l'ingénieur, la parfaite loyauté de son

caractère, et un dévouement absolu à ses devoirs. Partout il a rendu d'importants services, comme géologue, comme ingénieur et comme jurisconsulte. On peut dire qu'il ne touchait pas à une question sans y faire pénétrer la lumière, toujours préoccupé de rechercher avant tout la vérité, la justice et l'intérêt public.

Lorsque M. du Souich a été chargé du sous-arrondissement d'Arras, le terrain houiller du nord de la France n'était encore connu que dans le département du Nord, et les concessions s'arrêtaient à Aniche.

Cependant le prolongement de ce bassin vers l'Ouest, sous les terrains sédimentaires, était considéré comme certain, mais on ne connaissait ni sa direction exacte, ni ses limites. Plusieurs compagnies avaient commencé des recherches, soit par puits, soit par sondages; mais, faute d'une direction sage, ces travaux n'avaient pas abouti, et de grosses dépenses étaient restées improductives.

M. du Souich, après un examen approfondi de l'état des choses, prit à cœur l'intérêt des recherches, se livra à de nombreuses études géologiques, et se fit le conseil des explorateurs.

Mémoire de 1839. — Dans une importante brochure parue en octobre 1839, intitulée : « *Essai sur les recherches de houille dans le nord de la France* », il se livre à une étude complète de la question.

Dans l'introduction, il fait ressortir les fautes commises dans les travaux entrepris, et qui tiennent surtout au défaut de méthode dans ces travaux, et à ce que l'on néglige trop l'étude géologique des terrains. Il établit qu'une question de recherches de mines est une question toute géologique, et que le géologue ne peut commencer à s'effacer que lorsque les gîtes ont été découverts; qu'une exploration méthodique et persévérante, avec une

saine appréciation de la nature des terrains traversés est nécessaire dans les conditions où l'on se trouve, et rappelle l'exemple tiré des houillères d'Anzin, où ce n'est qu'après dix-sept années de travaux, et après avoir creusé en vain quatorze puits sur les territoires de six communes, que l'inventeur de ces houillères put fonder le premier établissement de mines du département du Nord.

Le mémoire de M. du Souich est divisé en deux parties. Dans l'une, il fait la description géologique de la contrée, et étudie successivement les terrains supérieurs et inférieurs au terrain houiller, ainsi que ce terrain lui-même; dans l'autre, il indique quel est le mode d'exploration que l'on doit suivre; il fait connaître les moyens à l'aide desquels il est possible de déterminer, dans les sondages, les principales circonstances de gisement des terrains, ainsi que les précautions nécessaires pour bien constater la nature des roches.

Les terrains supérieurs au houiller, ou morts-terrains, constituent, dans le Pas-de-Calais, des formations horizontales, que l'on doit traverser avant d'arriver, soit à la formation carbonifère, soit aux formations primordiales de sédiment; le terrain crétacé y prédomine. Ce terrain manque toutefois dans quelques parties, comme dans le Boulonnais, où l'on ne trouve plus que les formations jurassiques ou oolithiques; dans d'autres il est recouvert par le tertiaire.

Les terrains primordiaux de sédiment ont, comme caractère saillant, l'obliquité des couches; ils se montrent au jour en quelques points plus ou moins circonscrits, notamment dans la partie septentrionale du Bas-Boulonnais, et dans quelques vallées du Pas-de-Calais et du Nord.

Morts-terrains. — Dans le terrain tertiaire inférieur,

certaines roches ne peuvent se distinguer d'une des assises du groupe de la craie que par leur position ou par les fossiles; d'autres ont été confondues quelquefois avec celles du terrain houiller. On y trouve aussi des lignites, qui ont été confondus avec la houille, et qui, vers le milieu du XVIIIe siècle, ont provoqué des recherches au mont Colline, à l'embouchure de l'Authie, bien que la composition minéralogique et paléontologique du tertiaire n'offre, en réalité, aucune analogie avec celle du terrain houiller.

Le groupe crétacé se divise en deux étages, supérieur et inférieur. Ce dernier, qui est formé par le grès vert, présente beaucoup de variations; il n'a qu'une faible épaisseur dans plusieurs exploitations du Nord, et prend au contraire un développement considérable dans un bon nombre de localités du Pas-de-Calais et de la Somme. Certaines roches de grès vert sont quelquefois confondues avec le terrain houiller, bien qu'un examen un peu attentif suffise pour reconnaître une différence complète de composition, de texture et de structure, et que les fossiles y soient tout différents.

Le conglomérat, connu sous le nom de tourtia, que l'on traverse constamment dans les puits d'exploitation du Nord avant d'atteindre les gîtes, est aussi considéré à tort par le mineur comme un indice certain de la présence du terrain houiller, et la présence de parcelles de houille, qu'on y rencontre parfois, ne peut éclairer sur le plus ou moins d'éloignement des gîtes.

L'étage inférieur du groupe crétacé renferme parfois des lignites fibreux et des lignites piciformes, et leur présence concourt encore aux méprises que commettent les ouvriers sur la nature des terrains qu'ils traversent, surtout dans les sondages. D'autres causes d'erreurs peuvent aussi provenir de caractères accidentels des roches du grès vert, qui inquiètent quelquefois mal à propos les

explorateurs, relativement à l'âge du terrain qu'ils traversent, et à l'épaisseur du terrain mort qu'ils croient avoir à percer encore avant d'arriver au terrain houiller.

Quant au groupe oolithique, il paraît borné au Bas-Boulonnais, et se divise en trois étages. Dans le supérieur, les grès et marnes peuvent accidentellement présenter un facies général qui les ferait confondre avec les roches houillères.

M. du Souich rapporte au groupe du grès rouge un poudingue, rare du reste dans le pays, présentant un ciment psammitique rougeâtre ou verdâtre, qui contient des noyaux divers de roches primordiales, principalement de calcaires la plupart fétides. Les bancs présentent une certaine inclinaison, d'ailleurs faible. La présence de blocs calcaires dans ce conglomérat peut induire en erreur, si on les rencontre dans un sondage.

On doit encore ranger dans la classe des morts-terrains certains calcaires compacts (marbres) du Boulonnais, qui recouvrent le terrain houiller de cette région, bien qu'ils puissent être considérés, à certains points de vue, comme appartenant au groupe carbonifère. Ils présentent, comme les poudingues ci-dessus, des inclinaisons plus ou moins prononcées, qui constituent un caractère commun avec les formations primordiales, et ils offrent encore d'autres points de ressemblance avec les calcaires de ces formations, au point de vue de la composition et de la texture. La rencontre de ces calcaires dans une exploration peut donc devenir une source de difficultés, au point de vue de la question de continuation des travaux.

Terrains primordiaux. — L'auteur du mémoire fait ensuite ressortir l'importance qui s'attache à l'étude des formations primordiales de sédiment, afin d'arriver à distinguer nettement le terrain houiller des formations

inférieures, qui présentent avec lui, dans quelques-unes de leurs assises, des points de ressemblance. Aussi est-il nécessaire d'en bien connaître les caractères certains, si l'on veut éviter le renouvellement des erreurs commises dans beaucoup de recherches antérieures.

Ces formations se divisent en trois groupes principaux :

Le groupe carbonifère, qui comprend le terrain houiller, essentiellement formé par un dépôt de roches arénacées et argileuses, renfermant les couches de houille qui sont l'objet des recherches ; le calcaire carbonifère, formation essentiellement calcaire, mais comprenant des dépôts arénacés, houillers et anthracifères subordonnés, et enfin le vieux grès rouge. Le terrain houiller se divise lui-même en système supérieur ou houiller proprement dit, et système inférieur ou alunifère ;

Le groupe silurien, divisé en système arénacé et schisteux supérieur, système calcareux intermédiaire, et système arénacé et schisteux inférieur ;

Le groupe cambrien, qui se divise en systèmes ardoisiers supérieur et inférieur ;

M. du Souich fait la description détaillée de chacun de ces terrains, en donnant leur composition et en indiquant, pour les différentes roches, la structure, la texture, les couleurs habituelles et distinctives, l'existence et le plus ou moins d'abondance des empreintes végétales et des fossiles, en un mot les caractères spéciaux qu'elles présentent, soit d'une manière générale, soit d'une façon exceptionnelle.

Après quelques observations générales sur la composition des terrains primordiaux, il consacre un long article à la description de leur allure, et il en tire des conclusions relativement à ce que les recherches peuvent découvrir.

Ainsi les terrains de transition, formés d'une série

d'assises différentes, plissées et contournées de manière à offrir tous les degrés d'inclinaison possibles, mais suivant mutuellement dans leurs ondulations, et s'emboîtant les unes dans les autres à stratification sensiblement concordante, avec des directions à peu près constantes, offrent, du nord au midi, une succession de rides dirigées environ de l'est à l'ouest, et forment des bassins sucessifs séparés par des selles. C'est dans une de ces rides que s'emboîte le bassin houiller de Valenciennes; les terrains carbonifères du Boulonnais pourraient constituer au nord l'un des derniers bassins, et rien ne prouve qu'il ne puisse exister aussi des gîtes houillers dans les rides intermédiaires. On trouve en effet du terrain houiller dans chacun des trois bassins siluriens que présente la province de Liège.

Les différents bassins offrent quelquefois des pentes inverses dans leurs versants opposés; mais souvent aussi les deux bords inclinent dans le même sens, de telle sorte que, vers le midi, une formation donnée se trouve recouverte par les terrains qu'elle recouvre plus au nord. Aussi ne peut-on établir avec certitude l'âge relatif des roches primordiales de la contrée d'après leur inclinaison.

En tout cas, le centre d'un bassin est toujours occupé par la formation la plus moderne, formant une zone allongée suivant la direction, et des deux côtés de cette zone se trouvent symétriquement placées les formations inférieures suivant leur ordre d'ancienneté. On tire de là immédiatement une conséquence applicable aux recherches; c'est que, si l'on parvient à reconnaître, dans deux ou trois bandes successives, l'ordre d'ancienneté des roches qui les composent, on saura juger de quel côté doivent se trouver les formations plus modernes, et s'il faut marcher au nord ou au midi pour les rencontrer.

Il peut d'ailleurs arriver que la symétrie ne soit pas

complète, et que les formations qu'on observe d'un des côtés de la zone centrale ne se reproduisent pas toutes de l'autre côté. Aussi peut-il se faire que le terrain houiller, occupant la partie centrale du bassin, se trouve en contact avec l'une quelconque des formations inférieures; que, encaissé sur certains points dans le calcaire carbonifère, il soit, sur d'autres, en contact immédiat avec les assises même inférieures du silurien, ou avec le terrain ardoisier. On comprend aussi que les limites des zones ne doivent pas toujours être parallèles à la direction moyenne des couches, et que ces zones, et parmi elles la zone houillère, puissent présenter des élargissements et des rétrécissements successifs.

Indépendamment des accidents généraux qui forment les ondulations dont il vient d'être parlé, on peut, dans la même ride et dans le même bassin, observer des plis et des replis très compliqués, à arêtes plus ou moins inclinées, formant les dressants et les plateurs; on peut également rencontrer des dislocations, des failles et des crains.

C'est sur la considération de la permanence des directions générales des formations que doivent être basés les projets de recherches; du moment qu'une formation est connue sur une certaine étendue, il y a lieu d'en rechercher le prolongement dans la direction qu'elle présente.

Entre le bassin silurien du nord du Bas-Boulonnais et celui qui encaisse la zone de la Belgique, on ne peut regarder comme impossible de retrouver des lambeaux de terrain houiller. Ces lambeaux, s'ils existent, forment des bassins allongés suivant l'orientation générale des rides de notre terrain de transition, et ils peuvent constituer des gîtes plus ou moins étendus.

Le terrain houiller a pu, avant les soulèvements qui ont affecté toutes les formations primordiales, présenter

une ou plusieurs nappes plus ou moins allongées suivant une direction qui pouvait fort bien ne pas être celle suivant laquelle les rides se sont formées plus tard. De pareilles nappes, après le soulèvement, auraient dû être divisées par lambeaux dans quelques-uns des différents bassins formés par ces rides, parce qu'elles se seraient trouvées dénudées sur les selles qui les séparent.

Il pourrait se faire que le terrain carbonifère du Boulonnais se rattachât ainsi à celui de la Belgique, et, si l'on reconnaissait que la formation de la Belgique ne se prolonge pas suivant la direction Est un peu Nord qu'elle présente jusqu'à Aniche, on peut encore admettre qu'elle se reporte du côté du Boulonnais; mais elle ne présentera probablement plus dans cette déviation une zone continue, et ne sera accusée que par les lambeaux qu'elle aura laissés comme témoins de son ancienne existence dans quelques-uns des bassins siluriens intermédiaires.

Recherches. — Après avoir fait ainsi la description géologique de la région comprise entre Douai et la mer, et avoir émis, sur la situation probable des gîtes houillers qui pouvaient s'y trouver, des prévisions qui, d'ailleurs, ont été, pour la plupart, confirmées plus tard par l'expérience, M. du Souich aborde la question des recherches à faire, de la méthode qu'on doit y suivre, et des moyens pratiques à employer.

Pour la marche à suivre dans ses recherches, il établit d'abord que, là où il y a des morts-terrains, on doit avant tout songer à rechercher le prolongement des zones connues; il faut, pour cela, procéder par des sections faites perpendiculairement à la direction générale des terrains, c'est-à-dire à peu près du nord au midi. Comme d'ailleurs les recherches sont poussées à une grande profondeur, et ne peuvent être placées qu'à une certaine distance les unes des autres, il est indispensable de les

distribuer méthodiquement dans les sections, et de les combiner de manière à en rendre nécessaire le plus petit nombre possible.

Les sections elles-mêmes doivent être choisies de manière à procéder toujours du connu à l'inconnu, et à suivre de proche en proche le prolongement de la zone qui fait l'objet des recherches. La première section doit donc être à proximité des points connus. Puis, cette section une fois choisie, il convient de placer la première exploration vers l'axe présumé du bassin, et ensuite, ou simultanément, une seconde et une troisième au nord et au midi.

Dans chacune de ces recherches, il faut déterminer aussi bien que possible la nature des roches traversées et leur âge géologique.

Une recherche unique ne peut d'ailleurs faire reconnaître, d'après le pendage, le côté vers lequel le terrain houiller doit se trouver; mais la comparaison des résultats obtenus dans plusieurs explorations suffisamment rapprochées peut conduire à la solution.

Quant au mode de recherche le plus convenable à adopter, comme les explorations doivent être assez nombreuses, que chacune d'elles doit traverser 100 à 200 mètres de mort-terrain, que l'exécution des fosses nécessite des dépenses et un temps considérables, on reconnaîtra que le mode le plus convenable de recherches à adopter, au moins dans le principe, est celui des sondages, qu'on peut exécuter à un prix très modéré et dans un court espace de temps; d'autant plus qu'on peut obtenir au moyen des sondages la direction, l'inclinaison et le sens du pendage des couches, et apprécier, moyennant certaines précautions, la nature des roches traversées.

Entre les premiers sondages destinés à rechercher le bassin houiller, il sera convenable de mettre une distance moindre que la largeur que présente ordinaire-

ment la zone dans les parties les plus resserrées. Des deux sections voisines, il sera bon de disposer les puits d'exploration de manière qu'ils ne soient point exactement sur les mêmes parallèles à la direction présumée de la zone.

La section de recherche devra être prolongée, sans qu'il soit permis de désespérer du succès, au nord et au midi du point de départ, tant que l'espace parcouru ne pourra détruire d'une manière évidente l'hypothèse de la permanence de direction de la zone. Si les sections, convenablement prolongées, n'amènent aucun résultat, on sera autorisé à faire des recherches le long de la ligne qui joindrait les derniers points connus de la grande zone de la Belgique avec l'extrémité Est, également reconnue, de la zone houillère du Boulonnais, en échelonnant les explorations suivant la direction de cette ligne. On couperait ainsi obliquement les divers bassins, et on pourrait un peu plus espacer les sondages. Un bassin carbonifère rencontré, on en rechercherait l'étendue d'après la méthode précédemment indiquée.

La marche tracée pour la recherche du prolongement des zones houillères s'applique d'ailleurs évidemment à la recherche du prolongement des faisceaux de houille dans l'intérieur des bassins, avec cette remarque que les explorations doivent être ici plus rapprochées. Quant aux travaux de reconnaissance, ils doivent nécessairement être exécutés par puits et galeries.

Sondages. — L'auteur du mémoire se trouve ainsi amené à décrire les procédés de sondage les meilleurs à employer. Il explique que déjà, depuis deux ans, ces procédés ont reçu de grands perfectionnements, qui permettent de résoudre la plupart des questions que les recherches comportent. Il ne se propose d'ailleurs que d'appeler l'attention des explorateurs sur les principales pré-

cautions qu'il est indispensable de prendre, et d'indiquer les moyens de bien juger les terrains traversés, sous le rapport de leur âge, et quelquefois de leurs allures.

Il fait remarquer d'abord l'utilité et même la nécessité de l'emploi des colonnes de garantie, et indique les dimensions à donner au diamètre primitif d'un sondage, en prévision de la descente successive de plusieurs colonnes de tubes.

Pour le sondage à la tige, il indique et décrit la disposition nouvelle à donner aux tiges, d'après le système imaginé par M. d'Œynhausen, et qui supprime la réaction du choc dans une grande partie de la ligne des tiges, parce que cette partie, immédiatement après le choc, cesse d'être en connexion avec l'outil.

Il indique ensuite les précautions à prendre dans l'emploi des outils pour l'appréciation des roches, et les différences qui existent à cet égard entre la tarière et le trépan; le moyen d'obtenir des fragments assez volumineux de roches par l'emploi successif du trépan à fourche et du trépan ordinaire, le moyen de déterminer la puissance des couches, celui de retrouver les roches traversées par l'emploi du vérificateur ou élargisseur à oreilles, avec des dispositions spéciales pour le porte-ailerons et pour la capsule, variables suivant le diamètre du trou de sonde; le moyen d'obtenir des échantillons volumineux de roches, et en même temps de déterminer l'inclinaison et le pendage des couches, par l'emploi de l'emporte-pièce, dont il donne différents modèles.

Pour le sondage à la corde, il indique l'emploi de différents outils, et notamment du trépan annulaire, au moyen duquel on peut ramener au jour des masses assez volumineuses, et du trépan à ressort élargisseur destiné à la vérification de la nature des terrains traversés.

Il conclut enfin par la comparaison des deux procédés de sondage. Celui à la corde lui paraît pouvoir être em-

ployé et offrir des avantages au point de vue de la rapidité des manœuvres ; mais il présente des inconvénients assez graves, à cause des difficultés qu'on éprouve à réparer des accidents. Dans les forages à la tige, au contraire, il est rare qu'on ne puisse remédier à toutes les difficultés qui se présentent, surtout avec l'emploi du procédé d'Œynhausen, qui d'ailleurs diminue notablement la main-d'œuvre. Ces sondages permettent en outre, dans les formations primordiales, de déterminer quelques-unes des circonstances du gisement des couches. Aussi paraissent-ils devoir être conseillés de préférence.

Quelques observations sur le prix des sondages terminent cet important travail, qui est le résultat de longues et patientes études faites par son auteur.

Notice historique. — Dans une « Notice historique sur le prolongement du bassin houiller de Valenciennes dans le Pas-de-Calais », qui n'a pas été publiée, M. du Souich fait remarquer que la crainte exprimée par lui de voir le terrain houiller se morceler dans le Pas-de-Calais, entre Douai et Boulogne, en petits tronçons discontinus, a été heureusement démentie par les faits, et que, si ce bassin est, de ce côté, bordé au sud par des accidents considérables, il présente, jusqu'au delà de Béthune, un magnifique développement.

Cette notice donne du reste, sur la découverte du bassin houiller du Pas-de-Calais et sur la part qu'y a prise M. du Souich, des renseignements précieux et détaillés que nous allons résumer.

1re période de recherches. — Les recherches de houille dans ce département, qui avaient été abandonnées pendant de longues années, depuis 1810, après l'insuccès des puits de Tilloy, de Pommiers et de Monchy-le-Preux, furent reprises vers 1830 par plusieurs sociétés. Le choix de la position à donner aux puits et sondages d'exploration

présentait d'assez grandes difficultés, par ce fait que les travaux de la grande concession d'Aniche, la dernière à l'ouest de la zone, restaient concentrés près d'Aniche et d'Auberchicourt, et laissaient du côté de Douai une étendue énorme de concession inexplorée, dans laquelle les explorateurs étrangers ne pouvaient se placer.

Les choix faits furent déplorables. En 1832, un sondage est entrepris à Saint-Laurent, près d'Arras ; d'autres le sont à Vis, Tortequenne, Pelves ; on fonce même un puits sur ce dernier point. La Compagnie de Vitry fait des sondages à Vitry et à Labucquière, commune de Brébières. La Compagnie d'Esquerchin fait également des sondages à Brébières ; des explorateurs belges en entreprennent un à Fresnes-lès-Montauban. La Compagnie départementale adopte une section transversale à la direction présumée de la zone, passant par Arras ; de 1838 à 1840, sept sondages sont forés par elle sur une longueur de 13 kilomètres entre Euvry et Boiry-Becquerel ; la Société de l'Artois reprend la fosse de Monchy-le-Preux, et la Société Artésienne celle de Pommiers.

Un autre sondage est fait à Gouy-en-Artois, à $4^{km},500$ au delà d'Arras. Dans le département de la Somme même, deux sondages sont entrepris au voisinage de Doullens. Quelques autres recherches sont encore faites en dehors de la direction de la zone ; un puits est ouvert à Pernes, des recherches par puits et galeries ont lieu à Lacomté et à Beugny. Des travaux sont faits par la Compagnie des Canonniers de Lille entre Marchiennes et Lille, puis au sud de Valenciennes, où un puits est creusé à Villerspool ; cette Compagnie avait déjà, dès 1835, commencé à Flers, au N.-N.-E. de Douai, un sondage qui fut abandonné par suite d'accident, et qui, sans cette circonstance, aurait pu donner quelques résultats utiles. Enfin le sieur Bigo entreprend des recherches à Chemy, près de Séclin, et à Monchaux.

Malheureusement ces nombreux travaux d'explorati
étaient loin d'être coordonnés d'une manière rationnel
et beaucoup étaient en quelque sorte entrepris au hasa
M. du Souich se donna comme tâche de prémunir les ex
plorateurs contre les erreurs d'appréciations qui les fai
saient persévérer dans des tentatives inutiles. Il fut ass
heureux pour faire abandonner bon nombre de trav
négatifs, et pour empêcher des entreprises qui euss
été désastreuses en entraînant des dépenses stériles con
sidérables.

La plupart des sondages forés au voisinage de Doua
d'Arras arrivèrent bientôt à des terrains qui devaien
jugés franchement négatifs ; il fallut éclairer les explo
teurs sur certains caractères trompeurs des roches
contrées. La fosse de Monchy-le-Preux, reprise comm
est dit ci-dessus, ne tarda pas à donner une lumière com
plète par les fossiles qui y furent trouvés, et elle f
abandonnée à la fin de 1840. Celle de Pelves, commencé
en 1838 au nord de Monchy, fut abandonnée en 18
après la rencontre de calcaires, probablement dévonien
Tous les autres forages le furent successivement, e
1839 et 1840 ; il restait démontré que la zone houillè
ne se prolongeait pas vers le sud-ouest au delà de Doua

D'un autre côté, les recherches du voisinage de Va
chiennes avaient montré qu'il restait, au nord de la co
cession d'Aniche, une certaine étendue de terrain ho
ler, représenté par les assises les plus inférieures ; m
ce terrain paraissait limité à peu de distance à l'ou

Des sondages, faits en 1835 et 1836 par la Compa
des Canonniers à Vred, à Flines et à Lallaing, tend
à indiquer que vers Bouvignies, au sud d'Orchies, la l
mite septentrionale de la zone s'infléchissait forte
au sud. On pouvait assurer, dès la fin de 1840, que si
zone houillère se prolongeait, elle éprouvait, avec
accidents encore inconnus de dislocation et d'étra

ment, une forte déviation dans l'intérieur même de la concession d'Aniche. Malheureusement, comme il a été dit, celle-ci était inexplorée, et les explorateurs étrangers, d'après les résultats des trois sondages ci-dessus, semblaient n'avoir à leur disposition pour des recherches qu'une très faible étendue au nord de cette concession.

Un découragement complet succéda à l'engouement des années précédentes. Il devint presque impossible de faire comprendre aux chercheurs que le problème n'était pas résolu définitivement; ce n'est que quelques années plus tard qu'ils devaient le reprendre.

Études géologiques. — Vers la fin de cette période de recherches, M. du Souich travaillait à l'exécution de la carte géologique du Pas-de-Calais.

En commençant les études relatives à cet ouvrage, il était allé étudier sur place le bassin houiller de Belgique et les terrains qui lui sont subordonnés; il en avait rapporté, en même temps que de nombreuses notes, une collection de roches des diverses formations paléozoïques, destinées à servir de points de comparaison et à être mises sous les yeux des explorateurs, ainsi que des échantillons des morts-terrains eux-mêmes, craie, terrain jurassique et permien.

En 1841, il avait complété l'étude du Boulonnais et reconnu la plus grande partie des affleurements du terrain de transition le long des collines d'Artois.

En 1844, la minute de la carte était terminée et elle fut mise, cette année même, sous les yeux du Conseil général du département. Elle ne fut d'ailleurs imprimée qu'en 1851; mais elle resta, jusqu'à cette époque, dans le bureau de l'ingénieur, où elle pouvait être consultée par tous les intéressés.

Indépendamment des affleurements dévoniens qui accusent le relèvement des terrains de transition, M. du Souich y avait figuré, sous le nom de trias ou permien,

les terrains de formation postérieure au terrain houil qui s'appuient contre les précédents, ou se cachent im médiatement sous la craie en ne laissant apparaître q des témoins extrêmement circonscrits. Il avait au esquissé approximativement, d'après les résultats co parés des observations de surface et des divers sondag précédemment exécutés, la limite souterraine du terra jurassique, qui traverse en écharpe le département.

L'examen attentif de la série des affleurements dév niens lui permit de distinguer des alignements analogues à ceux du Boulonnais, indiquant un relèvement antér à l'époque houillère, et dont le pied a pu former le ri vage de la mer carbonifère. D'un autre côté, le tracé M. du Souich a pu faire, comme il vient d'être dit, à la limite du terrain jurassique montra que de nouveau mouvements importants devaient avoir suivi, à un inter valle plus ou moins grand, la période houillère, en pr duisant un nouveau relèvement du terrain de transitio en même temps que l'émersion du terrain houiller l même, et en produisant des accidents plus ou moins co sidérables. Ces mouvements correspondraient au s lèvement rapporté par Élie de Beaumont au système Thüringerwald.

Plus tard encore, après le dépôt de la craie, un no veau mouvement, plus ou moins brusque, a affecté to les terrains dans la direction des collines d'Artois. C'est ce mouvement qui a déterminé les derniers reliefs de la contrée, et qui, en relevant de nouveau les terrains pa léozoïques, avec la craie inférieure, le long des collines d'Artois, a permis aux dénudations postérieures de les faire paraître au jour, et a servi ainsi à mettre en évidence la ride souterraine au pied de laquelle le terrain houill avait dû se déposer. Les mouvements antérieurs avaient constitué cette chaîne dans ses traits primitifs; les autres ont déterminé les accidents qui ont affecté le terrain

houiller après son dépôt; les directions de ces divers mouvements s'écartent d'ailleurs peu les uns des autres.

Mais l'axe d'Artois s'abaisse du côté du sud-est, et c'est par suite de cet abaissement, en même temps que du relief antérieur des terrains paléozoïques dans la chaîne primitivement soulevée, que les affleurements de ces terrains cessent d'être visibles à la limite du territoire de la commune d'Aix-Noulette. Au delà, il faut traverser une épaisseur considérable de craie avant d'arriver au terrain de transition; et c'est ainsi qu'a cessé le jalonnement qui eût pu guider pour trouver le prolongement du bassin houiller de Valenciennes, et qu'on a pu être trompé sur la direction de ce prolongement.

Dans deux rapports adressés au Conseil général du Pas-de-Calais en 1844 et 1849, M. du Souich a insisté particulièrement sur le fait qui précède, et sur la probabilité de la déviation du terrain houiller vers l'O.-N.-O. au couchant de Douai.

Après les travaux de 1835 à 1841, le fait d'une déviation était rendu certain; l'étude géologique de la contrée venait à son tour fournir, sur le sens de cette déviation, des renseignements précieux, de nature à simplifier beaucoup le choix des points d'exploration. Aussi, lorsque le problème fut repris, quelques années après l'abandon des premières recherches, il put être résolu avec une grande promptitude.

2e période de recherches. — Un forage exécuté en 1841 à Oignies pour la recherche de l'eau jaillissante, et qui fut poussé jusqu'à 400 mètres, rencontra le terrain houiller à la profondeur de 151 mètres; mais on n'y fit pas attention sur le moment, et le fait ne fut connu que beaucoup plus tard, en 1847, par le Service des Mines. Ce n'est réellement que de 1846 que date la nouvelle période de recherches.

Le 20 juillet 1846, un sondage était commencé dans

le département du Nord à l'Escarpelle, par la Compagnie de la Scarpe (M. Soyez), et le 20 mai 1847, il découvrit une première couche de houille à 158^{m},90, puis successivement deux autres, dont une de 1^{m},56 de puissance.

D'autres sondages étaient entrepris par la même Compagnie, toujours dans le département du Nord, le 9 mai 1847, à la Blanche-Maison, commune d'Auby, à 4 kil. mètres au nord-ouest du précédent; le 23 juin à Roost-Warenden, au N.-E. de la ligne passant par les deux premiers; le 3 juillet à Flers, au S.-O. de la même ligne; le premier rencontra le charbon, les deux autres constatèrent la présence du terrain houiller.

La Compagnie commença alors ses recherches dans le Pas de-Calais, à Évin-Malmaison, presque sur la ligne de ses deux premiers sondages, et y rencontra encore le terrain houiller.

A la fin de 1847, Mme de Clercq et le sieur Mulot entreprennent deux forages à Hénin-Liétard et à Dourges (forages du Peuplier et d'Harponlieu), qui rencontrent le terrain houiller; puis, en 1849, deux autres sondages dans les mêmes communes, qui recoupent des veines de houille.

Dès le commencement de 1848, le prolongement de la zone houillère était ainsi connu jusqu'à la section passant par Dourges.

La Société Bigo, qui devint plus tard Société de Courrières, avait fait, entre 1845 et 1847, des recherches dans le Nord et le Pas-de-Calais, particulièrement à Liévin, à l'O.-S.-O. de Lens, où elle avait rencontré des terrains calcareux. Elle entreprit, au commencement de 1849, une exploration près de Courrières; le forage y recoupa deux veines de houille à 150 et 153 mètres de profondeur. On commença alors le percement de la fosse de Courrières, puis deux sondages à Harnes et à Courcelles-lès-Lens, qui furent d'ailleurs abandonnés avant d'avoir donné des

ésultats, et trois autres dans le voisinage d'Hénin-Liéard ; deux de ceux-ci atteignirent le terrain houiller, et e troisième, placé plus au sud, rencontra un psammite, sensiblement différent des grès houillers, et paraissant appartenir au dévonien.

La limite de la zone de ce côté était ainsi trouvée.

M. du Souich avait vainement insisté auprès de la Compagnie pour qu'elle fît une section transversale à la zone en reportant des sondages au S.-S.-O. de Courrières, de manière à explorer la partie méridionale de cette zone. Un espace considérable restait inexploré du côté de Lens. Sur les instances de l'ingénieur, un sondage fut établi à Sallan, à 2 kilomètres à l'est de Lens ; il atteignit le terrain houiller à 163 mètres, et recoupa une veine à 175 mètres.

Les sondages qui précèdent et celui de Liévin établissaient approximativement la position de la limite sud de la zone, ce qui put servir de base à la fixation du périmètre des concessions de Dourges et de Courrières, qui furent instituées le 12 août 1852.

D'autres compagnies s'établissaient en même temps à la suite de celle de Courrières du côté de l'ouest, et ne tardaient pas à obtenir des résultats importants.

La Compagnie Casteleyn, devenue plus tard Compagnie de Lens, entreprit en juillet 1849 un sondage à Annay, qui rencontra le terrain houiller, en novembre, à $143^{m},60$; en juillet 1850, un sondage au Bois-de-Lens, qui atteignit le terrain houiller à 143 mètres et recoupa deux veines, et un autre, à Vermelles, rencontrant en octobre le terrain houiller à 150 mètres; puis, en janvier et mai 1851, d'autres sondages à Liévin et à Douvrin, le premier sur le terrain calcarifère, le deuxième sur le terrain houiller, mais rencontrant bientôt des psammites de plus en plus calcareux; enfin, en octobre 1851, un sondage à Lens, qui recoupa le bassin houiller à 141 mètres, et une veine

de houille à 160 mètres. Les limites nord (Douvrin) et sud (Liévin) de la zone étaient ainsi déterminées.

La Compagnie de Vicoigne commença ses recherches en juillet 1850. Le sondage de Loos, à l'ouest-nord-ouest de Lens, atteignit le terrain houiller, en septembre, à 133 mètres de profondeur, et à 144 mètres une veine de houille. La Compagnie se reporta alors vers Béthune; trois sondages furent commencés en octobre et novembre 1850, à Petit-Sains, Nœux et Béthune (faubourg d'Arras), qui atteignirent le terrain houiller à 145, 1[illegible] et 178 mètres, bientôt suivis de trois autres en janvier et juin 1851 et janvier 1852, à Annequin et Douvrin, qui rencontrèrent le terrain houiller à 168 et 177 mètres. Une fosse fut ouverte à Nœux au commencement de 1851.

La Compagnie Quentin, devenue plus tard Compagnie de Béthune, commençait ses explorations en novembre et décembre 1850, par deux sondages à Annezin et à Hesdigneul; elle en entreprit deux autres à Fouquières et Hallicourt en juillet 1851, et un cinquième à Bully en décembre de la même année. Celui d'Annezin rencontra le terrain houiller à 184 mètres; celui d'Hesdigneul trouva, à 182 mètres, un calcaire pouvant se rapporter au calcaire carbonifère. Ce résultat fit supposer l'existence d'un accident ou d'un crochet près de Béthune; c'est alors que furent décidés les sondages de Fouquières et d'Hallicourt, qui atteignirent le terrain houiller à 183 et 135 mètres en septembre et août 1851, et recoupèrent des veines. Le sondage de Bully n'avait pour but que de préparer l'ouverture d'une fosse; il atteignit le terrain houiller à 144 mètres en février 1852.

Le terrain ainsi découvert par les trois Compagnies fut partagé entre elles, ce qui donna lieu aux trois concessions de Lens, Grenay et Nœux, instituées par décrets du 15 janvier 1853.

Une quatrième Compagnie s'était établie au delà de

Béthune à la fin de 1851, et en février 1852 le prolongement de la zone était constaté jusqu'à 6 ou 7 kilomètres au delà d'Hallicourt par les sondages de Bruay (terrain houiller à 139^{m},53) et de Lapugnoy (terrain houiller à 144 mètres). Ces points sont compris dans les concessions de Bruay et de Marles, instituées en décembre 1855.

Le terrain houiller était alors connu jusqu'à la Clarence, bien au delà de Béthune; l'accident d'Hesdigneul était franchi; on laissait en arrière, à une quinzaine de kilomètres, le premier affleurement dévonien de Marqueffles, ceux de Rebreuve et de la Comté étaient dépassés, et l'on arrivait presque en face de celui de Pernes.

Les explorations ont malheureusement rencontré ensuite bien plus de difficultés, et le bassin a été trouvé se rétrécissant de plus en plus jusqu'à Fléchinelle; on a jusqu'à présent échoué au delà.

D'un autre côté, des extensions du bassin ont été successivement constatées, soit au nord, soit au sud des concessions déjà instituées. Plus tard encore est venue la constatation d'accidents qui bordent le bassin au sud, et prolongent le terrain houiller à une distance encore inconnue au-dessous des terrains inférieurs.

On doit remarquer, par les dates des diverses explorations, que plusieurs compagnies opéraient simultanément. Elles pouvaient, sans se faire concurrence, et en s'éclairant au contraire mutuellement, adopter des sections de recherche différentes, et assez éloignées les unes des autres pour qu'on pût instituer des concessions d'une importante étendue.

Part de M. du Souich dans la découverte. — Les houilles rencontrées dans les forages étaient analysées immédiatement au fur et à mesure dans le laboratoire de l'ingénieur, et ces analyses lui ont permis de reconnaître

la position des divers faisceaux et leur marche approxi-
mative, en reliant ensemble les sondages qui donnaient
des houilles de même nature, et en tenant compte d'ail-
leurs des diverses circonstances de gisement observées,
telles que l'inclinaison des couches dans les forages et
dans les travaux par fosses, et leur direction.

La limite méridionale de la zone, à son affleurement
au tourtia, pouvait elle-même être tracée approximative-
ment d'après les résultats combinés des divers sondages
au sud, et toutes ces indications, combinées avec celles
que fournissait la connaissance déjà acquise de la posi-
tion de la crête dévonienne des collines d'Artois, pouvaient
servir à guider les explorateurs; et elles ont parfois
permis de modifier les périmètres des concessions.

En somme, le bassin a été conquis avec une remar-
quable rapidité, en cinq ans, de la fin de mai 1847 à la
fin de février 1852, sur une longueur de plus de 42 kilo-
mètres à partir de la limite de la concession d'Aniche.
Le terrain en a d'ailleurs été partagé entre les diverses
Compagnies, de manière à les mettre dans des conditions
autant que possible égales.

Le nom de M. du Souich restera attaché à la décou-
verte du bassin houiller du Pas-de-Calais. Il y a pris une
part considérable, non seulement par ses études géolo-
giques, par la carte qu'il a dressée, par son *Essai sur les
recherches de houille dans le Nord de la France*, mais
encore par le contrôle continu et assidu qu'il opérait sur
les différents sondages, et par ses conseils incessants
aux explorateurs; en communiquant aux Compagnies, au
moment où elles se formaient, tous les documents propres
à les guider dans leurs travaux; plus tard en observant
les résultats de ces travaux et en les coordonnant, de
manière à signaler les points qui restaient à éclaircir, et
à indiquer la marche à suivre dans les recherches ulté-
rieures. Presque tous les points d'exploration ont été

ainsi déterminés d'un commun accord entre lui et les Compagnies, soit pour rechercher le prolongement de la zone, soit pour en reconnaître les limites et en étudier la constitution; et l'on peut affirmer que c'est en très grande partie à ses conseils et à sa direction que l'on doit d'avoir pu, en un temps aussi court et avec un nombre relativement restreint d'explorations effectuées, eu égard à la grande superficie, résoudre les points les plus importants de la question à l'étude.

Cette part prise par M. du Souich dans la conquête du bassin houiller a été maintes fois reconnue et signalée par les ingénieurs qui furent ses coopérateurs, et par les savants qui furent les témoins compétents de ses efforts. Nous citerons particulièrement à cet égard le témoignage de M. Gosselet, professeur à la Faculté des sciences de Lille, qui, dans une lettre adressée il y a quelques années à M. Hébert, membre de l'Institut, au sujet de ses propres études sur le terrain houiller, et qui a été imprimée à Lille, écrivait cette phrase : « M. du Souich, alors ingénieur des mines à Arras, suivit avec le plus grand soin les recherches faites dans le pays. En maintes circonstances, il guida les travailleurs avec une science qui n'avait d'égale que sa modestie et son désintéressement, et c'est plutôt à lui qu'on pourrait appliquer en justice la phrase écrite par M. Reclus. » En parlant ainsi, M. Gosselet faisait allusion à un passage de la Géographie d'Élisée Reclus, où l'auteur, attribuant à M. Gosselet lui-même la découverte des houillères du Pas-de-Calais, disait : « Enfin les grandes houillères furent révélées, et cela grâce aux indications de la science pure : ni le hasard, ni des recherches capricieuses n'y eurent la moindre part. En étudiant avec le plus grand soin les couches superficielles, M. Gosselet suivit par le regard de l'intelligence et délimita avec une grande précision les assises de houille qui continuent à

l'ouest dans les profondeurs de la terre les gisements de la Belgique et du Nord. Guidés par lui, les ouvriers purent travailler à coup sûr, et creuser les puits de sondage précisément aux endroits favorables. »

Dans le banquet tenu le 10 juillet 1876 à Lens, pendant le Congrès de la Société de l'industrie minérale, banquet auquel assistait M. du Souich, M. Bollaert, agent général de la Compagnie de Lens, rendit hautement hommage, aux applaudissements unanimes des ingénieurs présents, « à M. du Souich, inspecteur général des mines, que tout le monde savait avoir, plus que personne, contribué par ses conseils à la découverte du bassin du Pas-de-Calais, et être l'auteur de sa remarquable division en concessions ».

Les services rendus par M. du Souich pendant seize ans au Pas-de-Calais avaient d'ailleurs attiré l'attention des administrateurs et du Conseil général du département, auquel il adressait chaque année un rapport détaillé sur les études faites et sur les progrès réalisés dans la recherche des gîtes minéraux. Aussi, lorsqu'en 1852 il dut quitter le poste qu'il avait si bien rempli pour aller, comme ingénieur en chef, à Saint-Etienne, le Conseil général émit un vœu tendant à ce qu'il fût rappelé à Arras, que l'on créât dans ce chef-lieu un poste d'ingénieur en chef, et que « l'ingénieur distingué qui avait si puissamment contribué aux nouvelles découvertes de mines de houille », fût placé à la tête de l'arrondissement à créer.

Bassin du Boulonnais. — Nous n'avons parlé, dans ce qui précède, que des travaux de M. du Souich, qui ont porté sur le grand bassin houiller de Douai à Fléchinelle ; il nous reste à dire un mot des recherches faites dans le Bas-Boulonnais, auxquelles il prit également une part des plus importantes. Elles sont décrites en dé-

tail dans une Notice du 5 mars 1852, qui forme le compte-rendu des travaux effectués de 1847 à 1851.

Les recherches de la concession de Ferques, reprises à Leulinghen depuis le commencement de 1848, ont été continuées activement jusqu'en 1850, suivant le système arrêté dès le principe, et proposé aux exploitants par M. du Souich d'après les conditions générales que ses observations sur la constitution géologique du pays assignaient au gisement.

Ces recherches comportaient des questions très compliquées de géologie. M. du Souich a suivi pas à pas les explorations, en s'entendant au fur et à mesure avec les exploitants sur les points qui avaient besoin d'être discutés pour régler la marche des travaux. Les faits observés ont confirmé les conjectures émises par lui dès le principe sur la nature de ce gisement, et la supposition qu'il avait faite de l'existence d'une grande ligne d'accidents courant le long de l'étroite bande de Ferques, et se prolongeant jusqu'à Fiennes, où elle limite brusquement au nord le bassin d'Hardinghen, comme elle limite du même côté le gîte de Ferques. C'est une longue faille avec rejet, par suite de laquelle les terrains ont subi un abaissement considérable du côté du sud. La bande de Ferques, très étroite, ne présente ainsi que la partie basse du dépôt, dont la partie haute doit être rejetée dans la profondeur avec le calcaire carbonifère qui la recouvre et la cache.

L'épaisseur de ce calcaire a apporté de grandes difficultés aux recherches de Leulinghen, et elle devait être la cause d'obstacles sérieux, surtout pour l'exploitation.

Tous les faits constatés pendant les travaux, et qui ont une grande importance pour l'étude de la constitution de la localité, et en particulier des gîtes subordonnés au calcaire carbonifère, ont été recueillis par M. du Souich, ainsi que les observations de détail fournies par le direc-

teur des travaux sur les caractères minéralogiques calcaires composant les différentes assises.

Dans son compte-rendu de 1847, M. du Souich a mentionné l'important résultat des travaux de recherches entrepris dans la concession d'Hardinghen du côté du couchant; on y voit la part prise par lui à ces recherches, qui avaient conduit à la découverte d'une nouvelle portion de bassin houiller, au delà de la limite que les anciens exploitants assignaient au gîte. Dans sa Notice de 1852, il fait ressortir les chances que présentent les recherches dans la partie septentrionale du gîte, en raison de la divergence qui existe du côté de l'ouest entre la direction des couches et même la ligne synclinale du bassin, et la grande faille formant la limite nord, divergence qui laisse de ce côté un développement plus considérable à la partie supérieure du gîte. Aussi en 1852, les travaux, encore peu avancés à cause des difficultés d'épuisement, avaient-ils déjà rencontré une couche, la première de celles connues dans les anciennes mines, et qui paraissait devoir prendre, dans le nouveau champ d'exploitation, un assez grand développement.

Il mentionne encore les travaux entrepris dans la région des anciennes mines, et l'opportunité de recherches dirigées vers la partie supérieure du gîte dans la partie la plus occidentale, recherches dont il n'a cessé de signaler l'importance à la compagnie concessionnaire.

Autres études. — Les études relatives au bassin houiller du Pas-de-Calais n'ont cessé d'occuper M. du Souich, non seulement pendant son séjour à Arras, mais encore longtemps après qu'il eut quitté ce poste. L'œuvre de sa jeunesse ne perdit jamais de son intérêt pour lui.

Nous citerons, après les mémoires et notices

mentionnés, une Note écrite au crayon, et qui a été trouvée dans ses papiers. Elle date certainement des dernières années de sa carrière. Elle renferme des considérations géologiques générales sur le bassin franco-belge, avec des coupes de terrains, et la détermination du rôle des grands accidents et des failles que l'on a constatés ; nous y trouvons entre autres cette indication que ce grand bassin doit passer sous le détroit, et se relier avec les couches houillères des environs de Bristol et du pays de Galles ; l'analogie des houilles de Bristol avec celles de la Belgique, tant sous le rapport de la composition chimique que sous celui de la position des lits, ne laisserait aucun doute à cet égard, quand même on ne pourrait donner une autre démonstration de ce fait, basée sur la stratification des terrains environnants.

M. du Souich a laissé d'ailleurs un grand nombre de dossiers relatifs à ses études sur le Pas-de-Calais, parmi lesquels nous citerons :

Des notes géologiques sur le bassin houiller du Nord ;

De nombreux relevés de sondages et des coupes de terrain avec notes sur les divers forages exécutés, et sur leurs prix de revient ;

Des notes diverses sur la topographie de la région ;

Des notes sur l'importance comparée de la production des divers bassins houillers ;

Des coupes géologiques du bassin du Pas-de-Calais, et les plans par concession ;

Des coupes et profils géologiques, pris le long du chemin de fer, de Boulogne à Saint-Omer et de Boulogne à Calais ;

Des coupes géologiques des falaises du Boulonnais ;

Un plan, avec topographie souterraine, des concessions de Douvrin, Lens et Liévin ;

Une collection remarquablement riche d'empreintes végétales du terrain houiller du Nord et du Pas-de-Calais,

avec un catalogue indiquant, par fosse et par veine la provenance de chaque échantillon. Cette collection commencée par lui pendant son séjour dans le Pas-de-Calais, contenait déjà un grand nombre de formes intéressantes et de types nouveaux lorsqu'il la communiqua en 1872, à M. Zeiller pour l'étudier. Sur le désir de celui-ci, il s'attacha à la compléter, mettant à profit, pour réunir de nouveaux documents, ses tournées annuelles d'inspection, emportant même avec lui les spécimens encore incomplets pour les signaler à l'attention des ingénieurs exploitants et provoquer de leur part des recherches plus attentives. C'est ainsi qu'il parvint à réunir la magnifique série d'échantillons qui a permis d'entreprendre l'étude et la description de la flore fossile du bassin de Valenciennes. Il a fait don de cette belle collection à l'École des mines de Paris.

Citons encore :

Un relevé des fossiles trouvés dans les travaux des différentes fosses ;

Un carnet de photographies de plantes fossiles, provenant de différentes régions, avec indication de leur gisement ;

Un journal d'observations pour l'exécution de la carte géologique détaillée du Pas-de-Calais ; ces observations vont jusqu'en 1844, et constituent un travail considérable ;

Enfin le texte de cette carte géologique.

Séjour à Saint-Étienne. — Au sortir du sous-arrondissement minérologique d'Arras, nous retrouvons M. du Souich à la tête de l'arrondissement de Saint-Étienne, absorbé, pendant près de onze ans, par les soins d'un service très chargé au point de vue de la surveillance des mines, et dont la charge s'augmenta encore du contrôle du chemin de fer de Rhône-et-Loire, puis, vers la fin, de la direction de l'École des mineurs

Pour les mines, c'était le moment où la production et l'exploitation prenaient une extension de plus en plus grande, par suite du développement général de l'industrie; aussi eut-il à traiter un grand nombre d'affaires d'une importance capitale, comme celles qui précédèrent et suivirent le décret du 23 octobre 1852 sur les réunions de concessions.

A cette époque, en effet, avaient surgi de graves difficultés, qui menaçaient d'aboutir à de véritables conflits entre les concessionnaires de mines et les industries si nombreuses dont la houille est l'aliment indispensable. La sagacité de l'ingénieur, l'esprit de justice qui l'animait, son dévouement qu'on savait absolument désintéressé, lui assurèrent bientôt une autorité morale qu'il sut mettre à profit pour amener l'apaisement des esprits, en même temps que les pouvoirs publics, éclairés par ses judicieux rapports, intervenaient pour imposer la solution la plus favorable à l'intérêt de tous.

Il eut aussi à donner son avis à propos d'accidents d'une gravité exceptionnelle, comme il s'en présente malheureusement de temps en temps dans le bassin houiller. C'était aussi l'époque où de grandes améliorations dans les méthodes d'exploitation commencèrent à être introduites.

D'un autre côté, la métallurgie prenait une importance croissante; et, dans la Loire en particulier, plusieurs lignes nouvelles de chemins de fer furent construites dans cette période.

M. du Souich apporta dans ce service le zèle et le dévouement qui étaient dans sa nature; il y fit, comme partout, preuve de connaissances scientifiques et pratiques approfondies, et d'un esprit d'observation qui lui permettait de discerner la vérité dans les circonstances les plus difficiles.

Nous citerons, en particulier, l'observation faite par

lui sur le rôle des poussières dans les accidents de gris et qui, à notre connaissance, a été la première de genre faite en France.

C'était à propos d'une explosion survenue le 29 1855 au puits Charles, de Firminy. Le feu avait été au grisou par une lampe de mineur détamisée. M. du Sou fit une visite minutieuse des travaux, et, dans son après avoir expliqué en détail comment l'accident s'é produit, il ajoutait : « Ici, du reste, on pouvait consta des faits qui expliquent une partie des déplorables eff de ces explosions, et comment elles sont aggravées des phénomènes secondaires dérivant du phéno primitif. On pouvait recueillir, en divers points, sur buttes une sorte de croûte composée d'un coke léger, ne peut provenir que de la poussière de houille b dans les chantiers et sur le sol des galeries, et transpor au loin par le courant d'une extrême violence que pr l'explosion. Cette poussière de houille, se trouvan même en partie enflammée, peut continuer les effets grisou en les portant plus loin. »

Depuis lors cette observation des croûtes de coke de l'effet des poussières a été maintes fois répétée lo des accidents de grisou survenus dans les mines pou reuses et sèches ; mais c'est à M. du Souich que l'on chez nous d'avoir le premier attiré l'attention des in nieurs sur ce fait d'une importance capitale.

Inspection générale. — Parmi les importants tra auquel M. du Souich a pris part comme inspecteur g néral, deux surtout attireront notre attention, pa qu'ils ont donné lieu à la confection de deux rapp remarquables.

Le premier, qui date de 1879, est celui adressé à l Commission du grisou, et qui a été publié dans la deuxi livraison des *Annales des mines* de 1881 ; il a pour tit

« Rapport sur la réglementation de l'exploitation dans les mines à grisou ». L'auteur y indique d'abord les règlements actuellement en vigueur dans divers pays étrangers et en France, en faisant ressortir les modifications qui se sont successivement produites dans la réglementation, et en donnant le détail des mesures de sûreté adoptées pour le travail des mines en général, et en particulier celles qui concernent le grisou; il fait connaître, non seulement les règlements généraux, mais encore les règlements particuliers intérieurs les plus remarquables.

Après avoir passé ainsi en revue les régimes anglais, prussien et belge, puis le régime français, et les actes administratifs divers relatifs à la sûreté des mines, ainsi que les règlements particuliers des mines du Gard, de l'Hérault, des Bouches-du-Rhône, de Saône-et-Loire, du Puy-de-Dôme, du Pas-de-Calais, du Nord et de la Loire, il termine en indiquant les dispositions à adopter dans les nouveaux règlements.

La Commission instituée par M. le Ministre des travaux publics, au commencement de 1881, pour la revision des instructions relatives aux redevances, à la suite de plusieurs avis du Conseil général des mines, a chargé M. du Souich, alors vice-président du Conseil, de lui présenter un rapport d'ensemble et des propositions pour servir de base aux discussions ultérieures.

La nécessité d'une revision paraissait dictée par l'existence des difficultés que soulevait annuellement le travail pour l'assiette des redevances, et des contestations sans cesse élevées entre les exploitants et l'administration, contestations que les variations, plus d'une fois renouvelées, de la jurisprudence établie par les instructions ministérielles, et même par des décisions du Conseil d'État au contentieux, ne faisaient que multiplier et aggraver; ces difficultés pouvaient occasionner

un sérieux préjudice au Trésor lui-même en influant sur la sincérité des déclarations des exploitants.

Il s'agissait de revoir les instructions et d'étudier les réformes à y introduire, en arrêtant définitivement les règles à suivre à l'avenir, et avant tout d'établir les principes qui doivent servir de base à ces règles.

Nul, mieux que M. du Souich, n'était indiqué pour un travail de ce genre, à cause de sa longue pratique du service ordinaire des mines, sa connaissance profonde de la jurisprudence, et par son esprit droit et son amour de la justice.

Le volumineux rapport qu'il a présenté à la Commission embrasse tous les côtés de la question, en les éclairant. Il passe d'abord en revue les systèmes proposés précédemment pour l'assiette des redevances, les discute et donne les motifs qui les ont fait rejeter; il insiste sur la nécessité de maintenir le principe de la loi de 1810, l'impôt sur le produit net déterminé par la différence entre le produit brut de l'année d'exploitation et les dépenses de la même année. Il établit ensuite la manière dont le produit brut doit être compté, en ne considérant que les matières livrables au commerce et à la consommation, et non les produits transformés, et en ne prenant que l'extraction de l'année, et non les produits des ventes. Il établit le mode à suivre dans la détermination de la valeur du produit brut, et traite la question des pertes à en déduire, celle des produits non vendus mais restant destinés à la vente, celle des produits utilisés par le concessionnaire lui-même, enfin celle des redevances tréfoncières et autres. Il passe ensuite à l'évaluation des dépenses, et examine successivement les dépenses de premier établissement et leur mode de paiement, ainsi que les questions ayant trait à la nature de ces dépenses; puis les dépenses d'exploitation, et parmi elles les subventions aux caisses de secours, et les secours de toute

sorte accordés aux ouvriers et à leurs familles, les frais concernant la livraison des produits à la consommation et les voies de communication; enfin les frais généraux, et entre autres ceux qui soulèvent des questions toujours délicates, comme les impôts, les primes d'assurances, les frais de procès, frais de voyages, pertes par faillites, frais généraux d'administration au siège des sociétés.

Après avoir donné sur ces divers points des avis toujours marqués au coin de l'équité et de la raison, il résume dans un article à part les règles à suivre, en partant de ce principe qu'on doit tenir compte, dans l'évaluation de la redevance proportionnelle, d'une part de tous les éléments qui entrent dans la valeur des produits pour la détermination de cette valeur, et d'autre part de toutes les dépenses qui concourent à la réalisation des mêmes produits, aussi bien que de celles qui sont nécessitées par l'exploitation ou qui sont occasionnées par elle.

Nous devons dire que les règles posées par M. du Souich n'ont pas été complètement admises par l'Administration, mais son travail n'en restera pas moins un document précieux à consulter si la même question vient à se représenter.

Conseil d'hygiène. — Qu'il nous soit permis de rappeler ici, après M. Troost, membre de l'Institut, le concours actif prêté, pendant vingt ans, par M. du Souich aux travaux du conseil d'hygiène publique et de salubrité du département de la Seine. Là, comme dans toutes les fonctions qu'il a remplies, il a montré un zèle et un dévouement constants. Dans ses rapports, toujours consciencieusement étudiés, aucun élément d'information n'était négligé, toutes les faces des questions étaient discutées, et toujours il savait trouver des solutions

équitables pour satisfaire à la fois des intérêts souvent opposés et en apparence inconciliables.

Grâce à sa compétence exceptionnelle, les questions soumises au Conseil d'hygiène ont souvent pris un caractère général, et les délibérations sont devenues les éléments de prescriptions administratives applicables à la France entière. C'est ainsi que, d'après ses conclusions a été réglementée l'industrie du celluloïd; c'est également lui qui a formulé les conditions à imposer, dans l'intérêt de la santé publique, aux fabriques de superphosphates et de sulfates d'ammoniaque. Il était enfin celui qui connaissait le mieux l'industrie des hydrocarbures, ses usines de distillation et de rectification, ses dépôts et ses débits.

L'étendue et la variété de ses connaissances lui permettaient d'intervenir dans toutes les discussions, et toujours ses avis étaient écoutés avec une respectueuse déférence.

La mise à la retraite de M. du Souich, lorsque l'âge fatal en fut arrivé, a provoqué les témoignages des plus vifs regrets de la part de ses collaborateurs, et ces regrets se sont traduits d'une manière exceptionnelle au Conseil général des mines et à la Commission centrale des machines à vapeur, par des ordres du jour exprimant les sentiments unanimes des membres de ces assemblées.

Au Conseil général des mines, M. l'Inspecteur général Daubrée exprima les regrets du Conseil, qui perdait un guide aussi sûr et éclairé que bienveillant et sympathique; il ajouta que M. du Souich, par un séjour prolongé dans les principaux centres de l'industrie minérale, avait acquis une connaissance approfondie de l'art et de la législation des mines, qu'il s'était créé, comme géologue, un titre d'honneur impérissable lors de la découverte du prolongement du terrain houiller dans le Pas-de-Calais.

le premier aujourd'hui de nos départements pour la production de la houille ; que, dans les délicates fonctions de la présidence du Conseil, il avait su faire apprécier l'étendue de son savoir, la sagacité de son esprit, la rectitude de son jugement et la parfaite loyauté de son caractère.

A la Commission centrale, M. l'Inspecteur général Jacquot se fit l'interprète des mêmes sentiments, en exprimant le regret que M. du Souich n'eût pas été maintenu, malgré sa mise à la retraite, à la présidence de la Commission, qu'il avait si dignement occupée pendant plusieurs années. Il rappela les grands services rendus par lui, et dit qu'à côté de ses titres scientifiques tous avaient été témoins de la conscience et de la bienveillance qu'il apportait dans la direction des travaux de la Commission.

Nous rappellerons encore les éloges décernés à la mémoire de M. du Souich lors de ses funérailles, le 16 avril 1888, par M. Linder, vice-président du Conseil général des mines, et par M. Troost, parlant au nom du Conseil d'hygiène.

Nous ne pouvons que nous associer aux paroles d'éloges et de regrets prononcées par des voix plus autorisées que la nôtre. Qu'il soit toutefois permis à un ingénieur qui a été, pendant plusieurs années, sous les ordres directs de M. du Souich, et qui, pendant plus de vingt-cinq ans, a entretenu avec lui des relations fréquentes et toujours amicales, d'appuyer sur ses éminentes qualités de cœur et d'esprit. D'un caractère toujours égal et éminemment bienveillant, c'était, en même temps qu'un excellent ingénieur et un fonctionnaire modèle, un homme d'une grande bonté, d'une modestie rare, d'un parfait désintéressement, d'un jugement droit, et un ami d'excellent conseil.

Des hommes comme lui laissent dans le cœur de leurs amis un souvenir impérissable. Que l'expression

unanime des regrets exprimés par tous ceux qui l'ont connu soit une consolation pour cette famille, si rudement éprouvée par la perte de son chef, pour ces enfants, dont il était le guide bien-aimé, pour cette femme, modèle des mères de famille et des épouses, qui a vu briser une union de quarante-trois années, toujours demeurée sans nuages, par la plus cruelle des séparations.

MÉTHODES D'EXPLOITATION

DES

COUCHES DE HOUILLE PUISSANTES

Par M. FRÉDÉRIC DELAFOND, Ingénieur en chef des mines.

Préliminaires. — Dans les bassins lacustres du centre de la France, l'exploitation des couches de houille présente des difficultés spéciales qui ne se rencontrent pas dans les grands bassins marins franco-belge, westphalien ou anglais. Dans ces derniers, les couches ont des épaisseurs dépassant rarement 2 mètres, tandis que dans le centre de la France, il n'est pas rare de rencontrer des gites ayant 15 à 20 mètres de puissance ; et même, à Montchanin, on a eu jadis affaire à un amas dont l'épaisseur atteignait parfois 70 ou 80 mètres.

Dans les couches minces, l'enlèvement de la houille s'opère aisément ; aussi les méthodes d'exploitation appliquées dans les diverses mines ne présentent-elles pas entre elles de bien grandes dissemblances ; les *tailles chassantes* et les *tailles montantes* fournissent, dans la presque totalité des cas, la solution du problème du déhouillement.

Dans les couches puissantes, au contraire, on a cherché à appliquer, suivant les circonstances, des méthodes très différentes comme principe ; plusieurs d'entre elles ont dû, malgré les espérances qu'elles avaient d'abord

données, être successivement abandonnées, et il semble aujourd'hui que deux méthodes seulement aient reçu la consécration définitive de l'expérience, et puissent être considérées comme fournissant, chacune pour des cas différents, une solution avantageuse.

Un important mémoire de M. Amiot, dans les *Annales des mines* (7e série, tome IV), a fait connaître avec détails quel était l'état de la question, en 1873, dans les divers bassins houillers du centre de la France.

Le remarquable *Traité d'exploitation des mines* de M. l'Inspecteur général Haton de la Goupillière, publié en 1884, mentionnait les méthodes qui étaient alors employées.

Depuis cette époque, de sérieux progrès ont été accomplis, et il nous a paru qu'il y aurait quelque utilité à les faire connaître dans le présent mémoire.

C'est essentiellement dans le département de Saône-et-Loire que nous puiserons les éléments de notre étude; nous ne parlerons qu'incidemment de ce qui est pratiqué dans d'autres bassins et nous nous bornerons, pour ces derniers, à fournir quelques indications sommaires, résultant soit des visites que nous avons faites, soit des renseignements qui nous ont été transmis.

Les houillères de Saône-et-Loire constituent, d'ailleurs, par suite de l'épaisseur souvent très grande des gîtes, de leur irrégularité, de la nature inflammable des combustibles, enfin de la présence fréquente du grisou, un excellent exemple des obstacles que présente le dépilage des couches puissantes. Les enseignements qui pourront être tirés de l'étude de ces mines trouveront donc vraisemblablement leur application dans d'autres bassins.

Dans les mines de Saône-et-Loire, surtout à Blanzy, on a essayé successivement une série de méthodes différentes. Il ne sera probablement pas sans intérêt de

passer ces méthodes rapidement en revue, de dire quelles étaient les raisons qui les avaient inspirées, de faire connaître les inconvénients qu'elles ont présentés, et les causes de leur abandon. Les échecs du passé fourniront d'utiles indications pour l'avenir; ils feront ressortir les écueils à éviter, et empêcheront de tenter de nouveaux essais dans des voies qui ne pourraient conduire qu'à des mécomptes.

Méthodes d'exploitation appliquées aux couches puissantes. — Nous considérerons, dans le présent mémoire, comme couches puissantes, celles dont l'épaisseur normale dépasse 3 mètres.

On définit généralement comme il suit les méthodes d'exploitation applicables à ces gîtes :

Méthode sans remblais . . .	*Foudroyages;*
Méthodes avec remblais. . .	*Tranches inclinées;* *Tranches horizontales;* *Rabatages;* *Méthode verticale.*

En réalité, la méthode des rabatages et souvent même la méthode verticale, bien que présentant toutes deux des particularités assez spéciales, ne sont guère, en somme, que des variétés de la méthode horizontale; et il est assurément peu rationnel de les considérer comme constituant des méthodes distinctes. Cependant, comme les dénominations n'ont pas, en somme, grande importance, nous laisserons de côté cette question de définition, et nous conserverons la classification mentionnée ci-dessus.

A l'effet de mettre un peu d'ordre dans cette étude, nous aborderons successivement les questions suivantes, qui formeront autant de chapitres distincts :

1° Allures générales des principaux gîtes de Saône-et-Loire ;

2° Anciennes méthodes d'exploitation abandonnées;

3° Méthodes actuellement employées ;

4° Perfectionnements que comporte encore l'exploitation des couches puissantes.

Chacun de ces chapitres formera lui-même plusieurs paragraphes qui seront mentionnés ultérieurement.

CHAPITRE Ier.

ALLURE GÉNÉRALE DES PRINCIPAUX GÎTES DE SAÔNE-ET-LOIRE.

Les méthodes d'exploitation qui doivent être appliquées aux couches de houille dépendent surtout de l'allure et de la puissance de ces dernières, de la présence ou de l'absence du grisou, de la dureté du charbon, de son inflammabilité, de la solidité des toits. Il est donc essentiel de décrire brièvement tout d'abord les particularités principales concernant les principaux gîtes de Saône-et-Loire.

1° *Mines de Blanzy.* — A Blanzy, on exploite quatre couches dites *Couches* n°s 1, 2, 3 et 4. La couche n° 3 est une couche mince (1^m,80 à 2^m,50) ; les trois autres ont des épaisseurs ne descendant pas au-dessous de 6 mètres, et atteignant parfois 18 ou 20 mètres. Le charbon est généralement assez dur, mais il est le plus souvent très inflammable et, dans certains quartiers, il est notablement grisouteux ; les toits sont assez solides. La coupe passant par les puits Maugrand et Jules-Chagot (*fig.* 1, Pl. VII) fait connaître l'allure des couches dans une des régions les plus importantes de la houillère de Blanzy. Cette coupe montre que l'inclinaison des gîtes, quoique variable, n'est cependant pas très forte en moyenne, et qu'elle est le plus souvent d'environ 20 à 25 degrés.

Il convient d'ajouter que les couches sont affectées par le très nombreuses failles, dont quelques-unes, fort importantes, interrompent brusquement les champs d'exploitation et entraînent parfois dans l'étendue de ces derniers une limitation fâcheuse.

2° *Mines du Creusot.* — Au Creusot, les gîtes sont très différents de ceux de Blanzy; on n'exploite guère qu'une seule couche, dont la puissance est en moyenne de 15 à 20 mètres et atteint parfois jusqu'à 40 ou 45 mètres. La couche a une inclinaison le plus souvent voisine de la verticale; la coupe fournie par la *fig.* 2, Pl. VII, représente assez bien son allure moyenne. Le charbon est très brisé et très ébouleux ; il est moins sujet aux incendies que celui de Blanzy; il est peu ou pas grisouteux. On rencontre dans le gîte du Creusot de très importants plissements avec étirements, mais les failles avec cassure nette y sont tout à fait exceptionnelles.

3° *Mines d'Épinac.* — A Épinac, la seule grande couche exploitée a une puissance moyenne de 6 mètres; son inclinaison est en général peu importante, ainsi que le met en évidence la coupe passant par les puits de l'Ouche et Hottinguer (*fig.* 3, Pl. VII). Le charbon est le plus souvent tendre et ébouleux, il est peu grisouteux et médiocrement inflammable. Le toit est mauvais et le soutènement des galeries présente des difficultés. Le gîte n'est presque pas affecté par des failles, mais il présente des plissements nombreux et importants qui provoquent dans l'épaisseur de la couche de nombreuses variations. En outre, sur certains points, des barres se développent et divisent la couche en veines distinctes ; ainsi, dans la région ouest de la houillère, on ne rencontre plus que de petites veines séparées par des intervalles stériles atteignant ou dépassant 7 ou 8 mètres.

4° *Mines de la Chapelle-sous-Dun.* — A la Chapelle-so- Dun, on connaît une grande couche et trois peti couches inférieures. La grande couche a une épaiss généralement comprise entre 4 et 6 mètres ; le char est très dur, très inflammable, pas grisouteux ; le est assez solide.

Nous croyons superflu de fournir des indications s les autres gîtes de Saône-et-Loire ; les houillères q nous venons de mentionner constituent, en effet, le types les plus variés et les plus intéressants des bas de la région.

CHAPITRE II.

MÉTHODES ABANDONNÉES.

Les méthodes abandonnées dans Saône-et-Loire so les suivantes : *Méthode par foudroyage*, *Méthode p rabatages.* La *méthode dite verticale* n'a jamais été essay dans la région, mais comme nous avons eu l'occasi d'en étudier une application intéressante aux mines d Firmy (*) (Aveyron), nous en dirons quelques mots d le présent mémoire.

§ 1. — Méthode par foudroyage.

Considérations générales. — La méthode par *fo- droyage*, qui a remplacé celle par *piliers abando* employée dans toutes les mines au début de l'exploita- tion, a été le premier procédé d'abatage un peu rationn qui ait été appliqué ; elle a été abandonnée depuis bie

(*) Nous avons visité ces mines lors d'une mission dont nou avions été chargé avec MM. Linder, vice-président du Consei général des mines, et Soubeiran, ingénieur des mines.

les années à Épinac et surtout au Creusot, mais elle a subsisté longtemps encore dans les mines de Blanzy, où elle n'a définitivement pris fin qu'en 1875, à la suite d'une décision ministérielle proscrivant son emploi pour toutes les couches d'une puissance supérieure à 3 mètres.

Nous exposerons successivement comment était conduite l'exploitation à Blanzy, suivant que les couches avaient des épaisseurs ne dépassant pas 6 ou 8 mètres, ou qu'elles avaient des puissances supérieures.

Mode d'application de la méthode à Blanzy. 1° *Couches de* 6 *à* 8 *mètres.* — On commençait par pratiquer des voies de niveau distantes d'environ 100 mètres suivant l'inclinaison, qu'on reliait à peu près tous les 100 mètres par des remontées où étaient installés des plans inclinés automoteurs.

On découpait ainsi dans le gîte de grands panneaux carrés ayant environ 100 mètres de côté.

On commençait le dépilage par le panneau le plus éloigné du puits, et on attaquait successivement les autres panneaux en battant en retraite. La *fig.* 4, Pl. VII, montre comment étaient disposés les chantiers d'abatage. On pratiquait une série de galeries de niveau, de 2 mètres de hauteur, qui découpaient des piliers longs ayant environ 8 à 10 mètres de largeur ; tous ces piliers étaient attaqués en même temps, mais les chantiers n'étaient pas disposés sur une même ligne et constituaient une série de gradins droits.

Dans chaque chantier, on opérait de la manière suivante, représentée par la *fig.* 4. On laissait contre les éboulements un massif de charbon *a* de 2 à 3 mètres d'épaisseur, et on pratiquait un montage de 3 à 4 mètres de largeur et de $2^m,50$ de hauteur. Ce montage venait buter contre les éboulements du pilier long supérieur ;

lorsqu'on avait, ce qui arrivait fréquemment, à redouter le voisinage de ces éboulements à cause des feux, on s'isolait d'eux en laissant un petit massif de charbon.

Pour le dépilage, on battait en retraite du côté du niveau de roulage inférieur, et on faisait au fur et à mesure des recoupes de niveau dans le massif *a*. On provoquait la chute du toit tant dans le montage que dans la recoupe, soit en enlevant les bois de soutènement, soit en pratiquant quelques coups de mine. Parfois, quand le charbon était très dur et que le toit présentait une grande solidité, on pouvait disposer le front de taille en gradins renversés et monter sur des chevalets ou sur des échelles pour forer des coups de mine. On avait alors la disposition représentée par la *fig*. 5, Pl. VII. Mais cette disposition, que Callon et Burat ont décrite dans leurs ouvrages, et paraissent avoir considérée comme normale aux mines de Blanzy, était en réalité tout à fait exceptionnelle; l'abatage de la partie supérieure du gîte présentait les plus grandes difficultés, et on se bornait à retirer les blocs de charbon qui s'éboulaient. Les ouvriers hésitaient à s'aventurer dans de grands vides, dont le plafond pouvait s'effondrer brusquement; ils se tenaient le plus souvent à l'abri dans la galerie de niveau boisée, et se servaient seulement de grandes perches pour chercher à provoquer les éboulements des plafonds.

2° *Couches ayant de* 18 *à* 20 *mètres d'épaisseur*. — Pour les couches ayant une puissance supérieure à 8 mètres et pouvant atteindre jusqu'à 18 ou 20 mètres (puits Saint-Pierre), les difficultés d'exploitation étaient encore bien plus grandes.

On divisait alors les couches en deux ou trois bancs parallèles à la stratification, séparés autant que possible par des barres stériles. Chacun de ces bancs était considéré comme constituant une couche distincte, et exploité

comme il vient d'être exposé ci-dessus pour les gîtes inférieurs à 8 mètres. On commençait par exploiter le banc supérieur, puis on attaquait le banc moyen, et enfin, en dernier lieu, le banc inférieur.

Tout d'abord, on avait laissé s'écouler un intervalle d'un an ou deux entre les périodes de déhouillement de deux bancs superposés; on voulait permettre aux éboulements de se tasser, afin d'avoir, pendant le foudroyage, des plafonds plus solides (méthode Harmet). Mais on avait alors l'inconvénient grave de rencontrer des feux en couronne; les bancs supérieurs étant très imparfaitement déhouillés, les éboulements renfermaient en grande abondance des charbons broyés, qui s'enflammaient lorsque les galeries pratiquées dans le banc inférieur permettaient l'accès de l'air. Aussi avait-on pris le parti de faire suivre de très près les chantiers d'exploitation des divers bancs, en ne donnant aux chantiers des bancs supérieurs qu'une légère avance sur ceux des bancs inférieurs, de telle sorte que l'ensemble des travaux constituait des gradins droits. On évitait mieux ainsi le développement des feux souterrains. Mais la création de chambres de foudroyage, au-dessous d'autres chambres où des éboulements venaient à peine de se produire, et n'offraient aucune consistance, présentait de très grosses difficultés, et le déhouillement était très incomplet.

Examen critique de la méthode. Avantages. — Les avantages de cette méthode d'exploitation étaient les suivants :

Forte proportion de gros charbon ;

Prix de revient très bas, par suite de l'absence de remblais et de la faible consommation de bois.

Inconvénients. — Les inconvénients étaient nombreux.

Il y avait, comme nous l'avons déjà dit, un véritable gaspillage du gisement. D'une part, les difficultés et

dangers que présentait l'abatage dans les chambres de foudroyage entraînaient l'abandon d'une partie des richesses minérales; d'autre part, la fréquence des feux obligeait à laisser de forts piliers de charbon pour isoler les quartiers incendiés. Aussi peut-on admettre que dans les couches ayant une épaisseur de 6 à 8 mètres, on laissait au moins la moitié, souvent même les deux tiers du gîte, et que, dans les couches très puissantes, les pertes, plus considérables encore, étaient des deux tiers ou des trois quarts.

Le travail était dangereux pour les ouvriers; les accidents étaient particulièrement nombreux. Ainsi, pendant la période de 1860 à 1864, où l'exploitation était opérée surtout par foudroyage, le nombre d'ouvriers tués par éboulements avait été de 21 pour une production d'environ 1.560.000 tonnes, soit 1,34 pour 100.000 tonnes, tandis que, de 1870 à 1875, ou les foudroyages étaient presque totalement abandonnés, le nombre d'ouvriers tués par éboulements a été seulement de 0,61 pour 100.000 tonnes.

L'aérage dans les chantiers d'abatage était à peu près nul. La *fig.* 4 montre que chaque chantier venait buter contre des éboulements; il n'y passait donc que l'air qui pouvait filtrer à travers les éboulis. Ajoutons encore qu'on avait une tendance à restreindre l'aérage pour éviter le développement des incendies souterrains. L'emploi d'une pareille méthode devenait donc particulièrement dangereux dans les quartiers grisouteux; et même en l'absence de grisou, il y avait le grave inconvénient que les chantiers étaient généralement très chauds, que l'atmosphère était souvent chargée de poussières, et que les ouvriers se trouvaient dans de très mauvaises conditions hygiéniques.

Le dépilage ne pouvait guère être opéré qu'en battant en retraite, du côté du puits d'extraction; il eût été imprudent d'attaquer les massifs autour desquels il fallait

maintenir des voies de roulage. La conservation de ces dernières aurait été rendue très précaire par suite des incendies. On se bornait donc, dans un étage, à déhouiller un seul panneau à chaque extrémité du champ d'exploitation, ce qui limitait d'une manière fâcheuse la production.

Abandon de la méthode. — Ces divers inconvénients amenèrent la compagnie de Blanzy, vivement pressée d'ailleurs à cet égard par l'Administration, à abandonner successivement ce mode d'exploitation. Aussi les dépilages sans remblais n'ont-ils plus été employés, durant ces dernières années, que dans le district de Montmaillot, où la couche, non grisouteuse, a une épaisseur moyenne ne dépassant pas 3 mètres, où le toit est solide et la pente faible. Mais même dans ces conditions, qui sont cependant assez favorables, l'exploitation présentait de sérieux inconvénients, au point de vue de l'aérage des chantiers, de l'absence de concentration de ces derniers, et de l'enlèvement complet des richesses minérales. Aussi cette méthode vient-elle d'être abandonnée à Montmaillot, et remplacée par la méthode horizontale avec remblais.

Disons incidemment que, dans les autres districts des mines de Blanzy, on n'a pas hésité, depuis une époque assez ancienne, à remblayer tous les vides avec des matériaux provenant de l'extérieur, quand bien même les couches avaient des épaisseurs parfois inférieures à 2 mètres. Nous dirons plus loin comment il est procédé en pareil cas, dans un quartier du champ d'exploitation du puits Saint-Pierre.

§ 2. — **Méthode par rabatages.**

Considérations générales. — La méthode par rabatages a été imaginée après que la méthode *en travers* ou par

tranches horizontales fut appliquée à certaines cou[illegible] de houille. Il paraissait regrettable de n'enlever, par tranche horizontale, que 2 mètres ou 2^m,50 de hauteur charbon, tandis que la dureté et la solidité de la cou[illegible] semblaient permettre l'établissement de chantiers [illegible] des dimensions plus grandes. On eut alors la pe[illegible] d'imiter ce qui se pratiquait dans les couches minces [illegible] inclinées où, à l'aide seulement de deux galeries de [illegible] distantes verticalement de 10 à 15 mètres, on peut [illegible] toute la partie du gîte comprise entre lesdites gal[illegible]

Principe de la méthode. — Le principe de la nouv[illegible] méthode était le suivant (*fig.* 6, Pl. VII.) :

A est une galerie de roulage pour les remblais ;
B est une galerie de roulage pour les charbons ;
b est une traverse allant de la galerie B au mur de la cou[illegible]
d est une cheminée allant percer dans le niveau A.

On jette du remblai dans la cheminée *d* ; le [illegible] monte sur le remblai et abat le charbon situé [illegible] ronne. C'est cette opération qui est appelée *rab*[illegible] Les vides créés par l'enlèvement du charbon sont [illegible] sivement comblés par des remblais. Ces derniers [illegible] amenés par la galerie A et versés dans les chantiers [illegible] rabatage. Les charbons tombent sur les remblais [illegible] cendent en bas du talus, et sont emmenés par la gal[illegible]

La figure schématique n° 6 montre comment est, [illegible] les conditions favorables, disposé un chantier de ra[illegible] tage.

On enlève ainsi un prisme limité par des plans ver[illegible] caux, allant du toit au mur du gîte et ayant une larg[illegible] de 2 à 3 mètres.

Lorsque cet enlèvement est achevé, on remblaie la tra[illegible] verse *b* et on exploite, comme il vient d'être exposé, [illegible] autre prisme contigu de même dimension.

On peut aisément, par les galeries A et B, ouvrir des chantiers tous les 15 ou 20 mètres; le gîte sera ainsi découpé en de nombreux piliers qui seront attaqués simultanément, de telle sorte qu'on pourra déhouiller rapidement, sur une grande largeur, la tranche horizontale découpée dans la couche par les plans horizontaux *mm* et *nn*.

Difficultés rencontrées dans l'application. — On espérait tout d'abord pouvoir donner à ces tranches horizontales une hauteur de 10 à 15 mètres et enlever successivement, en montant, les deux ou trois tranches horizontales constituant un étage.

La méthode ainsi entendue paraissait séduisante au premier abord, puisqu'elle permettait avec un faible développement de galeries de traçage, de déhouiller une tranche horizontale très épaisse, que le remblai se mettait naturellement en place, et que le charbon bien dégagé était d'un abatage facile. Malheureusement la pratique ne vint pas confirmer ces espérances. Les remblais frais constituent un très mauvais sol pour appuyer les boisages; il était donc difficile de soutenir un front de rabatage un peu étendu.

Lorsqu'on attaquait un prisme de houille contigu à un prisme de houille déjà enlevé, on avait, sur toute la hauteur du chantier de rabatage, une paroi de remblai qui tendait à s'ébouler.

Cet inconvénient devenait plus grave encore, lorsqu'on arrivait à exploiter les derniers prismes des divers piliers; on avait alors deux parements de remblai.

Le charbon se brisait et se chargeait d'impuretés pendant sa descente sur le talus de remblais.

Ces motifs amenèrent à diminuer de plus en plus la hauteur des tranches horizontales. Aussi, par suite de ces réductions successives dans la hauteur des rabatages,

était-on conduit, à Blanzy, dans les derniers temps de l'emploi de cette méthode, à ne donner aux tranches qu'une hauteur de 4^{m},50 (puits Sainte-Élisabeth).

Nous avons dit qu'on avait compté d'abord prendre, par le même procédé, plusieurs tranches superposées, mais les charbons se disloquant par le tassement des remblais étaient de plus en plus brisés à mesure qu'on s'élevait, et il devenait alors pratiquement impossible de conduire un chantier de rabatage. Un tel chantier n'est avantageux, en effet, que lorsque le charbon est dur, que son abatage exige quelques efforts, et qu'il ne réclame qu'un boisage sommaire. Mais avec des charbons très brisés, qui tendent à s'ébouler, la préoccupation essentielle n'est pas celle de l'abatage, c'est celle du boisage.

Pour ces motifs, on avait pris le parti, à Blanzy, de n'enlever que deux ou trois tranches superposées. Mais on avait alors le grave inconvénient d'être fréquemment obligé de passer au-dessous des remblais des sous-étages supérieurs et il fallait, pour assurer la solidité des chantiers, laisser au toit, sans l'exploiter, une planche de charbon.

La *fig.* 6, Pl. VII, relative à la méthode des rabatages, suppose réunies les conditions les plus favorables : couche puissante et forte inclinaison. Si la couche est peu inclinée, on se trouve en présence de divers inconvénients dont les principaux sont les suivants :

La remontée pratiquée sur le mur a une assez grande longueur, sa pente est faible, les remblais ne peuvent être mis en place par un simple versement, il faut les transporter ;

La traverse à remblais et le chantier de rabatage atteignent de grandes longueurs et leur entretien, avec un sol constitué par des remblais frais, devient difficile et coûteux.

Mode d'application à Blanzy. — La méthode, telle que nous l'avons exposée ci-dessus, ne convient donc pas aux couches peu inclinées; aussi l'avait-on modifiée à Blanzy de la manière suivante (voir *fig.* 7 et 8, Pl. VII).

A, Niveau à remblais, hauteur 1,76;
B, — à charbon, hauteur 1,80;
a,a,a, Traverses à remblais effectuées tous les 15 mètres et ayant une légère pente descendante vers le toit;
b, b, b, Traverses à charbons effectuées tous les 15 mètres, et ayant une légère pente montante vers le toit.

Le prisme *xxy* était tout d'abord enlevé par tranches horizontales; le prisme *uzz* était aussi exploité ultérieurement par tranches horizontales. La méthode des rabatages s'appliquait donc seulement au prisme compris entre les plans verticaux *xx*, *zz*.

On reliait les traverses *aaa* et les traverses *bbb* par des recoupes et des cheminées; on versait du remblai dans les cheminées, et on procédait au rabatage du charbon.

La *fig.* 9 indique comment était préparé un chantier de rabatage, et la *fig.* 10 montre un chantier en activité. Chaque traverse à charbon ou à remblai desservait deux chantiers de rabatage.

Ces divers chantiers étaient disposés en retrait les uns par rapport aux autres, comme le montre la *fig.* 8. Il en résultait que la longueur des rabatages n'était pas la même de chaque côté d'une traverse à remblais; il fallait, en effet, respecter dans un rabatage la traverse à charbon qui était utile au chantier contigu situé en retrait, mais on exploitait le prisme situé au-dessus de l'autre traverse qui devenait inutile et était remblayée.

Résultats défavorables obtenus à Blanzy. — Bien que les charbons des quartiers où était appliquée cette méthode fussent durs, bien que la hauteur des tranches fût faible

(4^m,50), cette méthode donna de mauvais résultats. L boisage des chantiers présentait de grandes difficultés il était coûteux. La sécurité des mineurs n'était pas s fisamment assurée ; la moindre irrégularité dans le s vice des remblais paralysait le travail ; enfin le charb était souillé.

Ajoutons que l'exécution de cheminées dans des co ches grisouteuses était dangereuse, et qu'il était, en o tre, difficile d'aérer d'une manière satisfaisante les cha tiers de rabatage. La seule inspection de la *fig.* 8 mon en effet, sans qu'il soit utile d'entrer dans des dé circonstanciés, que vu la multiplicité des traverses il fa lait, pour obliger le courant d'air à suivre la ligne d chantiers, installer de nombreuses portes tant dans le niveaux que dans les traverses. Or, la présence de port multiples constitue une complication gênante, et n'ass pas d'une façon suffisamment régulière la ventilation d chantiers. En outre, le circuit de l'air dans ces dern était fort peu rationnel ; le courant devait successivem monter puis descendre par les rabatages et, comme l éboulements se produisaient souvent, la circulation d l'air était alors interrompue et les chantiers étaient m mentanément non ventilés.

Enfin, il y avait inconvénient à employer une méth qui ne permettait un déhouillement complet qu'à la co dition de lui adjoindre celle des *tranches horizontales*.

Aussi fut-elle définitivement abandonnée en 1871, à suite d'une étude attentive faite par M. Petitjean, a Ingénieur en Chef des Mines de Blanzy.

Les vicissitudes par lesquelles a successivement pass la méthode des rabatages sont assez instructives ; to d'abord, on espérait enlever par ce procédé des tranch horizontales de 15 à 16 mètres d'épaisseur ; on a d progressivement réduire cette épaisseur, finalement o arrivait à Blanzy à n'avoir qu'une tranche de 4^m,50. c

on reconnaissait que c'était encore une hauteur trop grande, qu'il fallait se borner au déhouillement d'une tranche de $2^m,20$ à $2^m,30$.

§ 3. — Méthode verticale.

Considérations générales. — La méthode verticale n'a été souvent qu'une variété de celle par tranches horizontales, mais dans certains cas, aux mines de Firmy par exemple, elle présentait un caractère tout spécial.

Elle avait été imaginée en vue de permettre un déhouillement très rapide sur une même verticale, de façon à éviter les incendies. Dans le mode employé jadis à la Grand'Combe (*) on procédait en réalité par tranches horizontales successives, mais pour qu'une tranche fût lestement enlevée, on ne lui donnait qu'une longueur restreinte en direction (10 mètres).

A Firmy, on prenait successivement et en montant, sur une hauteur de 12 mètres, une série de traverses successives de 3 mètres de largeur allant du toit au mur; on enlevait ainsi une série de prismes verticaux étroits, compris entre deux plans verticaux normaux à la stratification et distants de 3 mètres, et deux plans horizontaux situés à 12 mètres de distance.

Mode d'application à Firmy. — Les *fig.* 11 et 12, Pl. VII, font connaître comment était pratiquée la méthode verticale aux mines de Firmy, dans le cas le plus favorable, celui où la pente de la couche était d'environ 45 degrés.

Chaque zone en exploitation avait, comme nous l'avons déjà dit, une hauteur verticale de 12 mètres; à la partie supérieure et à la partie inférieure de cette zone

(*) Amiot. Méthodes d'exploitation des couches puissantes (*Annales des mines*, 7e sér., t. X, p. 116).

on pratiquait au milieu de la couche deux niveaux ; l'un, A, qui était muraillé sur toute sa longueur, servait à l'introduction des remblais, et l'autre B, qui était muraillé seulement au fur et à mesure que les dépilages progressaient, servait aux départ des charbons. On reliait ces deux niveaux tous les 100 mètres par une cheminée C, à partir de laquelle on commençait l'exploitation en battant en retraite à droite et à gauche ; chaque pilier de cent mètres compris entre deux cheminées était ainsi attaqué simultanément à ses deux extrémités.

La *fig.* 12 fait voir comment sont disposés des chantiers parvenus à divers états d'avancement. Les remblais sont versés par les cheminées *a*, et les charbons sont jetés dans les cheminées *b* ; ces dernières sont maintenues au milieu des remblais, et s'allongent à mesure que l'exploitation est portée sur une tranche supérieure, tandis qu'au contraire la longueur des cheminées à remblais va progressivement en diminuant. Lorsque la dernière tranche est enlevée, les cheminées à charbon deviennent des cheminées à remblais pour le prisme vertical suivant. Chaque traverse au charbon était attaquée à partir de la cheminée à remblais : elle allait, comme nous l'avons déjà mentionné, du mur au toit ; elle avait en moyenne une longueur de 10 à 12 mètres.

Le remblai était mis en place aussitôt après le déhouillement de chaque traverse, et on attaquait ensuite la traverse supérieure.

Résultats fournis par l'application. — On arrivait ainsi à enlever, dans un délai d'environ trois mois, un prisme de houille de 12 mètres de hauteur, c'est-à-dire qu'on s'élevait en moyenne de 4 mètres par mois, et on aurait vraisemblablement pu, s'il avait été utile, marcher plus rapidement encore. Aucune des autres méthodes connues ne permet un déhouillement aussi rapide

dans le sens vertical. C'est là l'*avantage* essentiel qui peut être revendiqué en faveur de la disposition usitée à Firmy.

En revanche, les *inconvénients* étaient nombreux :

1° Charbon brisé en descendant dans une cheminée.

2° Remblais et charbons obligés de subir plusieurs manipulations.

3° Aérage des chantiers à peu près impossible, les cheminées à charbon étant généralement remplies à l'effet de diminuer le bris de ce charbon.

4° Difficultés de multiplier les chantiers dans un même étage, parce que l'entretien de la voie de roulage des remblais, directement au dessus des chantiers en activité, eût été onéreux. Aussi remblayait-on cette voie à Firmy, au fur et à mesure qu'elle devenait inutile. On ne pouvait ainsi exploiter qu'en battant en retraite vers les points d'arrivée des remblais dans la voie de roulage. L'exploitation était par suite peu intensive.

5° La surveillance était difficile ; les chantiers étaient éloignés les uns des autres, et surtout l'accès à chaque chantier était peu commode, attendu qu'il fallait passer par les cheminées.

Abandon de la méthode ; son application limitée à quelques cas spéciaux. — Ces divers inconvénients ont entraîné, à Firmy, l'abandon de la méthode verticale, qui pouvait être, en l'espèce, avantageusement remplacée par la méthode horizontale. Cependant il convient de reconnaître que cette méthode avait l'avantage de permettre, mieux qu'aucune autre, un rapide déhouillement dans le sens vertical. Il n'est donc pas impossible que dans certains cas très spéciaux elle puisse trouver une utile application, par exemple lorsqu'il s'agit d'exploiter des massifs d'investison très fissurés et envahis par les feux. La voie supérieure permettrait d'éteindre les incen-

dies par des injections d'eau boueuse; et l'enlèvement de la houille pourrait être opéré assez rapidement pour que de nouveaux incendies n'eussent pas le temps de se rallumer.

Nous ne parlerons pas des variantes de la méthode qui ont été adoptées dans d'autres houillères, parce qu'elles présentaient les mêmes inconvénients que celle de Firmy, sans permettre un déhouillement aussi rapide. Elles n'offraient aucun avantage saillant sur la méthode horizontale que nous aurons à décrire ultérieurement; elles devaient donc être forcément supplantées par cette dernière.

L'art des Mines est parvenu, comme nous l'exposerons plus loin, à supprimer dans la plupart des cas, les incendies souterrains ; ce redoutable ennemi des anciens exploitants peut être aujourd'hui considéré comme vaincu, et par suite la méthode verticale, qui avait été imaginée en vue de le combattre, n'a plus en général sa raison d'être.

CHAPITRE III.

MÉTHODES ACTUELLEMENT EMPLOYÉES.

Les méthodes actuellement employées sont celles par *tranches inclinées* et celles par *tranches horizontales*.

§ 1. — Méthode des tranches inclinées.

Considérations générales. — La méthode des *tranches inclinées* devait venir naturellement à l'esprit des exploitants; une couche puissante peut en somme être considérée comme résultant de la superposition de diverses couches minces. Il n'y a donc qu'à diviser cette couche en plusieurs tranches de 2 mètres à $2^m,50$, parallèles à la stratification, et à exploiter chacune d'elles par les méthodes usitées pour les couches minces.

Toutefois, il y avait une première difficulté qui se présentait, et qui ne permettait pas de traiter absolument comme une couche mince chacune des tranches constituant une grande couche. Généralement, en effet, dans les couches minces on ne remblaie pas les vides avec des matériaux transportés; les débris du faux toit, les coupements au rocher des voies de roulage, fournissent les remblais employés; souvent ces derniers sont insuffisants et les vides ne sont comblés que partiellement. Dans les diverses tranches d'une grande couche, il fallait au contraire remblayer les vides aussi complètement que possible, et les travaux souterrains ne fournissaient généralement pas les matières nécessaires.

Tailles chassantes et tailles montantes. — Dans les couches minces on emploie, suivant les cas, deux méthodes d'exploitation qui donnent de bons résultats : les *tailles chassantes* et les *tailles montantes*. Ces dernières conviennent bien aux gîtes peu inclinés, mais elles doivent être abandonnées aussitôt que la pente est assez forte pour que le charbon glissant sur le mur puisse blesser les ouvriers. En outre, les voies secondaires qui desservent chaque taille étant dirigées suivant la pente, ne permettent généralement pas de remonter les chariots de remblais. Il faut donc soit créer des voies spéciales amenant les remblais à un niveau supérieur aux chantiers, et des plans inclinés permettant de faire descendre les remblais, soit installer, dans chacun des montages servant à la descente des charbons, des moteurs mécaniques permettant de remonter les wagons de remblais.

La disposition des voies de roulage crée ainsi une complication gênante; d'un autre côté, dans les bassins du centre de la France, l'inclinaison des gîtes subit généralement de très grandes variations; elle est le plus souvent assez accentuée, de telle sorte que ce n'est que

dans un petit nombre de cas que la pente des couches permet l'emploi des tailles montantes.

Les tailles chassantes, au contraire, conviennent à tous les cas, quelle que soit l'inclinaison; en outre, la voie qui sert au roulage des charbons d'un chantier peut servir au transport des remblais destinés au chantier voisin situé à l'aval-pendage. C'était donc aux tailles chassantes que devaient presque toujours recourir les exploitants pour le déhouillement des tranches inclinées.

Aussi, dans l'exposé qui va suivre, aurons-nous exclusivement en vue les tailles chassantes; cependant comme quelques essais de tailles montantes ont eu lieu dans Saône-et-Loire, nous en dirons quelques mots, après avoir passé en revue les applications des tailles chassantes.

Tailles chassantes. Dispositions spéciales qu'elles motivent. — On avait tout d'abord essayé d'enlever une première tranche sur toute l'étendue du champ d'exploitation d'un étage, puis de déhouiller successivement de la même façon les tranches supérieures, mais on dut rapidement renoncer à cette manière d'opérer. Les dislocations provoquées par le tassement des remblais déterminaient en effet des incendies souterrains dans les tranches supérieures, et on arriva à reconnaître que dans un quartier le déhouillement d'une tranche devait être suivi le plus tôt possible de celui des tranches situées au-dessus.

Mais alors on se trouvait en présence d'autres difficultés qui obligeaient à modifier les méthodes appliquées aux couches minces. Le champ d'exploitation d'un étage, dans ces dernières, correspond le plus généralement à une bande d'environ 100 mètres de largeur limitée à sa partie supérieure et à sa partie inférieure par des plans horizontaux; on crée tous les 100 ou 120 mètres, suivant

la pente, des plans inclinés, et on découpe ainsi dans le gîte de grands panneaux rectangulaires. De ces plans inclinés partent huit à dix niveaux secondaires qui découpent des piliers longs ayant environ 10 à 12 mètres de largeur. Ces divers piliers longs sont exploités simultanément, en battant en retraite vers le plan incliné de service. Chacun des plans inclinés dessert ainsi huit ou dix chantiers, mais il arrive souvent que leur fonctionnement est gêné, et que leur rendement est insuffisant par suite de l'existence de recettes multiples. Ces dernières exigent, en effet, l'installation de freins inclinés avec contrepoids; les wagons pleins font monter le contrepoids qui provoque à son tour l'ascension des wagons vides. Sur deux manœuvres une seule est donc utilisée pour la circulation du charbon. En outre, comme on ne peut disposer dans le plan incliné des butoirs fixes aux diverses recettes, il en résulte que les manœuvres comportent des tâtonnements qui entraînent des pertes de temps. Ainsi aux mines de Blanzy où existaient jadis, dans le district de Lucy, des plans inclinés desservant quatre recettes, on ne parvenait à faire circuler en moyenne que 150 wagons de charbon par poste.

Cette limitation dans l'effet utile des plans inclinés entraînait, dans le cas que nous examinons, les conséquences suivantes : si au lieu d'avoir affaire à une couche mince, on devait dépiler une couche épaisse comportant plusieurs tranches à prendre simultanément, on aurait dans un panneau un nombre de chantiers dépassant de beaucoup celui que le plan incliné peut desservir. Il ne fallait donc pas traiter comme une couche mince chacune des tranches d'une couche puissante.

On se trouvait encore en présence de difficultés d'un autre ordre que nous allons énumérer brièvement. Lorsqu'on exploite une seule couche, il est assez facile de faire passer le courant d'air à tous les fronts de taille,

mais pour l'obliger à suivre la ligne des dépilages préférence à d'autres trajets plus courts ou plus faci il faut toujours installer un nombre plus ou moins co sidérable de portes, dont l'ouverture fréquente paraly en partie l'aérage, et dont la présence constitue ainsi inconvénient et parfois un danger. Si on exploite sim tanément dans toute l'étendue d'un panneau les diver tranches de la couche, on se trouve en présence de ficultés d'aérage bien plus sérieuses. Il faut, en effet, d chaque pilier long, répartir, au moyen de portes à guichets le courant entre les diverses tranches ; il en résulte fâcheuse complication qui est d'autant plus grande q le nombre des tranches en exploitation est plus élevé. le gîte comportait l'enlèvement de quatre ou cinq tranch il y aurait, dans l'organisation de l'aérage, par suite de multiplicité des portes ordinaires et des portes à guich une complication telle que la ventilation d'un gr nombre de chantiers serait assurément très imparfaite.

Enfin, si dans un grand panneau avec plusieurs tranches en exploitation un incendie se déclare, il est difficile combattre à cause de la multiplicité des galeries situées à divers niveaux, par lesquelles l'air peut s'introduire.

Disons encore que le déhouillement d'un pareil panneau avec les diverses tranches attaquées à peu près en même temps, a l'inconvénient de fournir une production très variable ; elle est minimum au début et à la fin du déhouil-lement, et maximum dans la phase moyenne lorsque toutes les tranches des divers piliers longs sont en dépilage.

De l'ensemble des considérations qui viennent d'être présentées, il résulte que le déhouillement des diverses tranches, qui constituent une couche puissante, ne peut être opéré de la même façon que celui d'une couche mince et on conçoit que les modifications à introduire doivent être d'autant plus importantes que le nombre des tranches sera plus élevé.

Cas d'une couche de 4 à 5 mètres d'épaisseur (*La Chapelle-sous-Dun*). — Ainsi lorsqu'il s'agira d'une couche ayant 4 à 5 mètres d'épaisseur et comprenant seulement deux tranches, on pourra, en limitant la largeur du panneau, exploiter simultanément ces deux tranches dans plusieurs piliers longs. En prenant seulement quatre piliers longs, et en n'exploitant que d'un côté du plan incliné, on n'aura au plus que huit chantiers, dont les produits pourront être desservis par le plan incliné.

La figure schématique n° 13, Pl. VII, montre quelle est alors la disposition générale des travaux. Les galeries ne sont représentées dans ladite figure que par un seul trait; des tracés différents correspondent aux deux tranches. Des recoupes *rr* relient les niveaux de la deuxième tranche à ceux de la première; ces recoupes n'ont qu'une durée limitée; aussitôt que les niveaux de la deuxième tranche ont atteint une certaine longueur, on pratique de nouvelles recoupes et on remblaie les anciennes ainsi que les parties des niveaux devenues inutiles.

La *fig.* 13 se rapporte à une couche d'une inclinaison assez faible; lorsque la pente est forte, les niveaux tracés en première tranche peuvent servir pour la deuxième tranche; il suffit alors de reporter un peu les niveaux du côté du toit lorsqu'on répare les boisages.

Les conditions qui viennent d'être indiquées existent aux mines de la Chapelle-sous-Dun; aussi l'exploitation d'un étage était-elle, il y a quelques années, conduite comme il vient d'être exposé. La seule différence consistait en ce que, dans une même tranche, les dépilages des piliers longs supérieurs étaient en retard sur ceux des piliers longs inférieurs, circonstance peu favorable au point de vue des incendies souterrains. Récemment on a modifié ce mode d'exploitation; on a remplacé les tailles chassantes par des tailles montantes; la faible inclinaison

du gîte en profondeur permettait cette transformat dont nous parlerons plus loin.

Cas d'une couche dépassant 4 à 5 mètres. Plus solutions. — La méthode que nous venons de d convenait à une couche peu épaisse comme celle de la C pelle-sous-Dun, mais elle ne se prêtait pas à l'exploit des gîtes puissants comportant un nombre de tran un peu élevé.

Il fallait, dans ce dernier cas, d'après les considéra que nous avons exposées, soit réduire dans un pan le nombre des chantiers en activité, soit diminuer en la largeur du panneau, cette dernière devant être d'au moindre que la couche était plus puissante.

1° *Solution adoptée aux mines de Blanzy.* — La p mière solution est celle qui a été tentée jadis aux de Blanzy ; c'est celle que nous allons décrire tout d'a telle qu'elle était appliquée dans le district de Lucy où conditions étaient les plus favorables.

Le panneau en exploitation, de 75 mètres de long n'avait que 35 à 40 mètres de largeur ; il comprenait l'épaisseur de la couche (12 mètres environ) cinq tranc chaque tranche était divisée en trois piliers longs, panneau était lui-même partagé en trois compartimen 25 mètres de longueur par des plans verticaux dirigés vant l'inclinaison. Quatre voies principales pour le serv des remblais et des charbons étaient situées sur le mur la couche, mais dans chaque tranche on opérait, ava de commencer le dépilage, le traçage complet des vo de roulage secondaires.

On craignait, avec raison, que l'exploitation de ce tranches successives ne fût rendue difficile, par les i cendies qui se seraient développés dans les dernières tranches, fort disloquées par suite du tassement de

ıblais. On avait donc imaginé de profiter de l'existence ne barre située à 4 ou 5 mètres du toit pour diviser le ɜ en deux zones : la zone supérieure comprenant deux nches situées au-dessus de la barre, la zone inférieure nprenant les trois tranches inférieures. Le déhouille-nt de la zone supérieure précédait celui de la zone érieure.

C'était également la crainte des feux souterrains qui ait motivé cette division, mentionnée ci-dessus, des nneaux en trois compartiments. On avait en vue de streindre le plus possible l'étendue du champ d'exploi-ion, de façon à réduire, en cas d'incendie, l'importance quartier à isoler par des barrages.

Dans chacune des zones définies précédemment, on ıttaquait donc qu'un seul compartiment. La marche optée pour le déhouillement était alors la suivante : si appelle A, B, C, les trois compartiments du panneau, étant le plus éloigné du plan incliné, et A le plus rap-oché, on commençait par enlever successivement dans compartiment C les deux tranches situées au-dessus la barre. Quand cet enlèvement était opéré, on taquait la zone supérieure dans le compartiment B, la ne inférieure dans le compartiment C, et ainsi de suite.

Dans chaque compartiment on ne dépilait qu'une seule anche à la fois par trois chantiers disposés en gradins ınversés; on avait donc au plus, dans la période où ɜxploitation était la plus intense, que six chantiers en ctivité.

Les *fig.* 1 et 2, Pl. VIII, font connaître quelle était la isposition générale des travaux.

La *fig.* 1 représente une coupe longitudinale du gîte; ɜ compartiment le plus éloigné du plan incliné est sup-osé entièrement dépilé; dans le deuxième compartiment n a enlevé la première tranche de la zone inférieure et n dépile la seconde; dans le troisième compartiment

on a enlevé la première tranche de la zone supérieure on dépile la seconde.

La figure n° 2, représente une coupe faite dans compartiment A suivant la pente; sur le passage de coupe la taille inférieure de la tranche en exploitation (2e tranche de la zone supérieure) est supposée remblayée

Les niveaux au mur a, a, a, a sont reliés aux niveaux dans la tranche $\alpha, \alpha, \alpha, \alpha$ par les traverses r, r, r, r; ces dernières ne passent pas par le plan de la coupe, elles sont situées à l'extrémité du compartiment A, du côté du plan incliné; elles ne sont donc représentées qu'en projection.

Une coupe faite dans le compartiment B serait analogue la seule différence consisterait en ce que les deux tranches de la zone supérieure seraient remblayées et que les galeries $\alpha\,\alpha\,\alpha\,\alpha$ seraient placées dans la deuxième tranche de la zone inférieure.

Nous avons cru superflu de figurer en plan l'ensemble des travaux d'un panneau; le dessin en serait très compliqué et peu clair par suite de la multiplicité des galeries; en outre, il n'est pas indispensable pour l'intelligence de la méthode.

Cette dernière donna, malgré les précautions prises, de mauvais résultats; les incendies se développaient avant la fin des dépilages, surtout dans la troisième tranche de la zone du mur. Il est vrai que les remblais n'étaient probablement pas alors de qualité suffisante, et que le maintien des piliers d'investison contribuait à accroître les incendies. Il est probable aussi que le *déhouillement* n'était pas poussé assez rapidement, de telle sorte que dans la troisième tranche du mur les feux avaient le temps de se développer. Enfin, il existait aussi cette circonstance assez spéciale que le toit de la couche était formé par un banc épais de schistes inflammables.

Peut-être serait-on arrivé, en faisant usage de bons

remblais et en activant le déhouillement, à obtenir des résultats satisfaisants. Mais en somme, comme nous l'établirons plus loin, la méthode des tranches inclinées était dans ce cas moins avantageuse que celle des tranches horizontales, et c'est avec raison qu'elle fut définitivement abandonnée vers 1871.

2° *Solutions adoptées à Montrambert, Épinac, etc.* — Une seconde solution consistait, comme nous l'avons dit précédemment, à diminuer le nombre des piliers longs en exploitation simultanée. Un des modes les plus employés et fort rationnel a consisté à concentrer tous les travaux sur un seul pilier long (Épinac, Firminy, Montrambert).

Cette disposition offrait un double avantage ; non seulement on pouvait, vu le peu de superficie du champ d'exploitation et, par suite, le faible tonnage de chaque tranche, laisser un intervalle très court entre le déhouillement des diverses tranches, mais encore les plans inclinés destinés au service des charbons permettaient de faire circuler un nombre de wagonnets plus grand que dans les dispositions mentionnées précédemment. Dans ce cas, il n'y avait, en effet, qu'une seule recette à desservir ; on pouvait donc supprimer les contrepoids et faire, à chaque voyage, descendre des chariots pleins et monter des chariots vides.

Cette circonstance permettait de pousser d'une manière particulièrement active le déhouillement. Mais alors il fallait, pour arriver à une forte production, renoncer au système, si longtemps adopté, consistant à battre en retraite à partir des limites du champ d'exploitation et à n'avoir de chantiers qu'aux extrémités des étages. La chose devenait possible ; en effet, le déhouillement était opéré d'une façon rapide ; le remblayage des vides était, en outre, bien mieux effectué que dans le passé, les remblais pris au dehors étaient de meilleure qualité, enfin leur

mise en place était plus soignée. Toutes ces améliorations étaient de nature à rendre beaucoup moins fréquents les incendies souterrains ; il n'y avait plus témérité à ouvrir des chantiers de dépilage au milieu d'un champ d'exploitation, et on pouvait abandonner l'ancienne disposition, qui consistait à n'avoir en exploitation que de petits quartiers faciles à barrer en cas d'incendie.

On installait donc des chantiers de dépilage de chaque côté d'un plan incliné central, et on exploitait ainsi, par ce plan, un pilier long ayant environ 200 mètres de développement.

Pour l'exploitation de ce pilier, deux modes différents ont été pratiqués :

1° **Premier mode, attaque de plusieurs tranches simultanées.** — On attaquait simultanément les diverses tranches, mais on n'avait dans chaque tranche, de chaque côté du plan incliné, qu'un seul chantier qu'on ramenait en taille chassante. Le chantier d'une tranche était en retard sur celui de la tranche inférieure, et en avance sur celui de la tranche supérieure.

Les *fig.* 3 et 4, Pl. VIII, montrent comment étaient généralement disposés alors les travaux de dépilage. Un plan incliné central P dessert la galerie à charbon *b* et la galerie à remblais *a*, toutes deux tracées sur le mur de la couche.

A partir de la limite du quartier desservi par le plan incliné, on ouvrait, entre les deux niveaux *a* et *b*, un chantier par grande taille disposé suivant la pente, et on le poussait en battant en retraite du côté du plan incliné. Lorsque ce chantier avait parcouru 10 ou 12 mètres, on ouvrait une taille semblable dans la deuxième tranche, qui était reliée aux voies principales *a* et *b* par des traverses *t* et *r* ; les voies secondaires d'allongement a^1 et b^1 n'étaient, ainsi que les traverses précitées, maintenues que provisoirement. Lorsque les niveaux secondaires avaient atteint une certaine longueur, on pratiquait de nouvelles

traverses et on remblayait les voies devenues inutiles.

On opérait pour la troisième tranche de la même manière que pour la deuxième ; on créait les traverses t^1, r^1 et on maintenait les niveaux provisoires a^2 et b^2.

Des flèches différentes montrent comment s'effectuaient les parcours respectifs des charbons et des remblais. Nous avons, à l'effet de ne pas compliquer outre mesure la *fig.* 4, fait abstraction des prismes triangulaires de charbon, tels que γ, qui s'enlèvent le plus souvent d'une façon assez irrégulière et même incomplète.

La galerie *a*, après avoir servi de niveau à remblais pour un pilier long, servait de niveau à charbon pour le pilier long supérieur.

On avait ainsi, dans le cas représenté par la *fig.* 4, six chantiers de dépilage ; on organisait le travail de façon à ce que le déhouillement fût opéré rapidement (ouvriers spéciaux pour l'abatage), et on arrivait à obtenir une production assez élevée.

Aux mines d'Épinac, la disposition adoptée présente des analogies avec celle que nous venons de décrire, mais elle en diffère en ce qu'on a généralement conservé l'ancien usage consistant à battre en retraite à partir des limites du champ d'exploitation. En outre, des dispositions spéciales n'ont pas été prises dans la plupart des cas, pour activer le déhouillement dans une tranche en exploitation. Ces circonstances, défavorables au point de vue du bon aménagement de la houillère parce qu'elles entraînent une trop grande dissémination des chantiers, résultent surtout de l'insuffisance du service des remblais ; ces derniers sont fournis, en majeure partie, par les travaux souterrains, et leur production est, par suite, irrégulière et intermittente. L'organisation de l'exploitation, telle que la représente la *fig.* 4, ne peut être réalisée que si on crée, à la surface, des carrières à remblais fournissant d'une façon satisfaisante au point de vue de la qua-

lité et de la quantité, tous les matériaux nécessaires.

2° **Deuxième mode, attaque d'une seule tranche à la fois.** Une autre disposition fort rationnelle fut adoptée dans quelques houillères; elle avait pour but de permettre l'ouverture, dans les piliers longs, d'un nombre de chantiers plus grand que celui résultant de la disposition décrite ci-dessus.

On n'attaquait qu'une seule tranche à la fois, mais on l'attaquait en plusieurs points régulièrement répartis sur toute son étendue. Les *fig.* 5 et 6, Pl. VIII, montrent comment on opérait.

A la base et à la tête de chaque pilier long, on traçait deux galeries sur le mur de la couche; la galerie supérieure *a* servant pour l'arrivée des remblais, et celle inférieure *b* pour le départ des charbons. Ces niveaux étaient reliés, tous les 30 ou 40 mètres, par des cheminées *c*, *c*, *c*, de part et d'autre desquelles on ouvrait les grandes tailles. Chacune de ces dernières n'avait ainsi que 15 ou 20 mètres à parcourir pour que l'enlèvement du pilier fût effectué. En admettant, ce qui était le cas le plus fréquent, que chaque plan incliné eût 100 mètres de longueur à exploiter de chaque côté, on voit qu'on pouvait avoir, dans un pilier long, cinq ou six chantiers en exploitation de chaque côté du plan incliné, soit au total dix à douze chantiers.

Si le clivage de la couche ne se prêtait pas à la poursuite des chantiers dans les deux sens, de part et d'autre d'une cheminée, et s'il était plus avantageux de ne marcher que dans un seul sens, on pouvait doubler le nombre des cheminées de préparation et obtenir ainsi la même production journalière.

Lorsque la première tranche du pilier long était enlevée, on attaquait la seconde en procédant de la même manière. On faisait parfois un traçage complet dans cette nouvelle tranche avec galerie à remblais a^1 et galerie à charbon

ées reliant ces deux niveaux; c'est cette dispo-
rmettait le mieux d'assurer l'aérage des tra-
se dispensait, dans la plupart des cas,
blement le traçage des nouvelles voies
on conservait seulement les galeries
roulage auxiliaires a^1 et b^1 étaient
remblais et supprimées aussitôt
nche était terminée. Des recou-
provisoires a^1 b^1 aux gale-

minées de la seconde tranche
premières, il était facile, au besoin,
avant que l'exploitation de la première
minée, de telle sorte que les dépilages de la
tranche pouvaient être entrepris aussitôt après
ievement de ceux de la première. L'extraction ne
subissait alors aucun arrêt.

On enlevait successivement ainsi toutes les tranches d'un pilier long, puis on passait au pilier long supérieur.

La galerie *a* qui se trouvait être finalement placée dans le massif de charbon, par suite du tassement des remblais, était utilisée pour le service des remblais du nouveau pilier long; la galerie *b* devenue inutile était remblayée.

La disposition que nous venons d'indiquer avait sur la précédente, l'inconvénient que les voies de roulage des charbons et des remblais étaient d'un entretien plus coûteux, parce qu'elles devaient être maintenues au milieu des travaux de dépilage. En revanche, elle avait le grand avantage de permettre une production plus intensive et plus régulière. Enfin, la concentration de tous les chantiers sur une même tranche était de nature à simplifier et, par suite, à améliorer l'aérage.

Aussi cette disposition nous paraît-elle être, parmi toutes les variantes auxquelles a donné lieu l'application

de la méthode par tranches inclinées dans les couches épaisses, celle qui est généralement de nature à donner les résultats les plus satisfaisants.

Nous pensons même qu'elle serait, dans la plupart des cas, applicable avantageusement à des couches relativement peu épaisses, par exemple à celles qui ne comportent que deux tranches.

Application du deuxième mode à une couche mince à Blanzy. — Elle a été adoptée en effet au puits Saint-Pierre des mines de Blanzy dans l'exploitation d'une couche de 2 mètres à $2^{m},50$ de puissance ne comportant qu'une seule tranche, et elle y a donné de bons résultats.

La figure un peu schématique n° 7, Pl. VIII, montre comment on opère dans ces travaux.

On conserve à la base de l'étage (niveau de 260) une galerie de roulage dans les remblais, depuis le travers-bancs A jusqu'au plan incliné P. Cette galerie sert au roulage des charbons et des remblais. Un treuil à air comprimé T permet de descendre les charbons de la zone d'exploitation et d'y remonter les remblais.

Une seule zone de 6 mètres de hauteur verticale est en dépilage, pendant que la zone supérieure est en traçage. On peut donc, en organisant convenablement les travaux, n'avoir aucun arrêt dans la production.

Chaque zone (ou pilier long) est desservie par deux voies de niveau ; la voie supérieure sert au roulage des remblais, la voie inférieure à celui des charbons.

Le dépilage s'opère par grandes tailles.

Si du grisou se montre pendant le traçage, on le chasse au moyen de ventilateurs à air comprimé.

La *fig.* 7 montre comment est disposé l'aérage qui est diagonal. L'air arrive par un travers-bancs A, et une remontée R pratiquée dans la couche conduit le courant à un bure de sortie B.

On conçoit aisément que le déhouillement peut être opéré d'une manière rapide ; aussi arrive-t-on à dépiler un pilier long dans l'espace d'environ deux mois avec une production journalière approximative de 50 tonnes pour chaque centaine de mètres de longueur du pilier.

Du moment où pareille disposition a pu être adoptée avec avantage pour une couche de $2^{m},50$, on ne saurait mettre en doute qu'elle soit également très bien appropriée, comme il a été dit précédemment, à une couche comportant l'enlèvement de deux ou trois tranches successives.

Nous avons ainsi successivement et brièvement étudié les diverses questions que soulève la méthode des tranches inclinées, avec emploi des tailles chassantes. Nous avons montré quel rôle important avait tout d'abord joué la crainte des incendies. Nous avons exposé comment on avait été amené, par suite de l'expérience, à modifier progressivement les premières dispositions employées. Enfin nous avons dit quelle paraissait être, à la suite de très nombreux tâtonnements opérés, la disposition qui semblait devoir, dans la plupart des cas, offrir le plus d'avantages.

Nous avons maintenant à dire quelques mots de l'application de cette méthode avec emploi de tailles montantes.

Tailles montantes.—Nous avons fait ressortir, au début de ce chapitre que les tailles montantes ne se prêtaient pas, aussi bien que les tailles chassantes, à l'application de la méthode des tranches inclinées.

Nous n'avons vu, dans Saône-et-Loire, que deux exemples d'emploi de tailles montantes : à Blanzy et à la Chapelle-sous-Dun.

Tailles montantes à Blanzy. — A Blanzy on avait, dans un district du puits Sainte-Marie, à déhouiller une couche ayant 5 mètres de puissance avec une inclinaison de 30 p. 100. Les tailles montantes avaient une largeur de

40 mètres; un plan incliné, situé au milieu de chacune d'elles, muni d'un treuil à air comprimé, et s'allongeant à mesure que la taille progressait, servait à la descente des charbons et à la remontée des remblais. On enlevait ainsi une première tranche sur une longeur de 60 mètres, puis on créait un nouveau plan incliné en deuxième tranche, et on opérait comme pour la première.

Le déhouillement s'effectuait dans des conditions convenables, mais la multiplicité des treuils à air comprimé constituait une dépense notable, et on trouva plus avantageux de substituer à cette méthode celle des tranches horizontales.

Tailles montantes à la Chapelle-sous-Dun. — A la Chapelle-sous-Dun, la couche a une épaisseur comprise entre 4^m et $5^m,50$; elle est enlevée en deux tranches, mais la conduite du déhouillement est tout autre que celle mentionnée ci-dessus pour les mines de Blanzy.

On trace préalablement une voie de niveau supérieure servant à l'arrivée des remblais et une voie de niveau inférieure servant au départ des charbons. Ces voies sont reliées, tous les 25 mètres, par des remontées dans lesquelles on installe, si la pente est trop forte, des treuils automoteurs. Les remontées ont une longueur de 35 à 40 mètres, elles servent à la fois à la descente des remblais et à celle des charbons.

Les tailles montantes n'occupent que quatre ouvriers: deux piqueurs et deux remblayeurs; l'abatage y est poussé d'une manière peu active, circonstance tenant à ce que sur une longueur de 25 mètres il serait impossible, avec une seule voie, d'assurer la circulation des chariots de charbons, de ceux de remblais et des vides, si la production était élevée. Pour attaquer activement toute la longueur du front de taille, il ne faudrait pas que cette dernière dépassât 10 ou 12 mètres.

Lorsque le front de taille de la première tranche est

arrivé à 7 ou 8 mètres de distance de la voie de roulage inférieure, on attaque la deuxième tranche. Les voies de niveau de roulage des charbons et des remblais, servant à la première tranche, sont utilisées pour la deuxième tranche; mais on exécute de nouveaux montages dans cette dernière, situés à côté de ceux en première tranche. De petites recoupes inclinées les relient aux niveaux de roulage.

De cette attaque simultanée des deux tranches, il résulte que des chantiers d'abatage passent au-dessus ou au-dessous de voies de service, ce qui oblige à établir des ponts volants dans ces dernières; il en résulte aussi qu'il est fort difficile d'assurer convenablement l'aérage des chantiers.

En somme, cette méthode nous paraît offrir d'assez sérieux inconvénients, qui ne sont pas suffisamment compensés par l'avantage de pouvoir amener les chariots au front de taille; elle a surtout le défaut de ne pouvoir s'appliquer que dans le cas assez peu fréquent où la plongée de la couche est peu importante, et il est toujours fâcheux d'avoir, dans un même champ d'exploitation, des méthodes d'abatage différentes. Telle paraît être également la conclusion à laquelle l'expérience a conduit les exploitants des mines de la Chapelle-sous-Dun; la méthode des tailles chassantes, décrite précédemment, leur semblerait être, avec raison, préférable à celle des tailles montantes; peut-être même, comme nous le verrons ultérieurement, la méthode horizontale pourrait-elle être essayée et remplacer avantageusement celle des tailles inclinées chassantes.

Examen critique de la méthode des tranches inclinées. — Après cet examen des divers modes d'application de la méthode des tranches inclinées, il nous reste à passer en revue les avantages et inconvénients constatés. Nous

aurons seulement en vue, dans cet exposé, les tailles *chassantes;* les *tailles montantes* n'ont, en effet, qu'une importance très secondaire; nous avons déjà fait connaître, d'ailleurs, les particularités les plus saillantes les concernant.

Ajoutons que la plupart des observations que nous allons mentionner s'appliquent également aux deux variétés de tailles.

Avantages. — Les avantages sont les suivants:

1° On met à profit la stratification des couches pour l'abatage; une assise plus tendre peut être utilisée pour le havage; une assise résistante peut être maintenue pour constituer le toit des chantiers.

2° S'il y a dans le gîte des barres un peu épaisses offrant quelque régularité, elles peuvent ne pas être abattues, et constituent alors des bancs de séparation entre deux tranches.

3° Une voie de roulage principale sert alternativement de voie à remblais pour un pilier long, et de voie à charbon pour le pilier long supérieur.

4° Lorsque l'inclinaison de la couche est convenable, il suffit de verser les remblais à la partie supérieure des chantiers pour qu'ils remplissent les vides sous la seule action de la pesanteur.

Inconvénients. — Les inconvénients sont assez nombreux et peuvent se résumer comme il suit:

1° L'épaisseur des couches est presque toujours très variable, de telle sorte que non seulement le nombre de tranches n'est pas le même partout, mais encore la hauteur des chantiers dans la dernière tranche subit de continuels changements;

2° Si la couche est très puissante, on ne saurait généralement enlever toutes les tranches en montant: les dernières seraient trop disloquées et des incendies s'y développeraient. Il faudrait dans ce cas, comme on l'a

faisait jadis dans le district de Lucy des mines de Blanzy, commencer le déhouillement par les tranches supérieures, mais alors on a le sérieux inconvénient d'avoir à passer ensuite, en chantier incliné, sous un plafond de remblais.

3° Lorsque la couche présente une inclinaison notable, il devient difficile, dans toutes les tranches autres que la première, de soutenir un mur constitué par des remblais; on arrive même à une impossibilité pratique lorsque l'inclinaison atteint 40 ou 45 degrés. Par conséquent la *méthode des tranches inclinées ne saurait être employée pour des gîtes d'une pente dépassant* 40 *ou* 45 *degrés.*

Disons encore que dans le cas où *la couche devient plate ou presque plate*, la disposition qui convient aux inclinaisons moyenne de 20 à 25 degrés ne peut plus être commodément appliquée; les recoupes reliant chaque tranche aux voies de roulage situées au mur auraient des longueurs excessives. Alors les piliers longs ou zones ne peuvent plus être délimités par des plans horizontaux, il y aurait avantage à les délimiter par des plans verticaux ou se rapprochant de la verticale. Or, dans les bassins houillers du centre de la France, généralement très accidentés, la pente des couches subit sur un espace souvent restreint de grandes variations; il y a donc inconvénient à faire usage d'une méthode d'exploitation qui ne peut être d'un usage général, doit être abandonnée pour les couches dressées, et modifiée pour celles en plateure.

4° Le boisage d'un chantier incliné est plus difficile que celui d'un chantier horizontal; les bois sont, en effet, exposés à se déverser parce que la couche a une tendance à glisser sur le mur de la tranche en exploitation. On a donc à redouter, dans le déhouillement des dernières tranches, des éboulements qui sont non seulement une cause de danger pour les ouvriers, mais encore peuvent provoquer des incendies souterrains

5° Il est assez rare que les remblais puissent être mis en place sous la seule action de la gravité ; il faut généralement les transporter, ce qui peut motiver, dans certains cas, plusieurs jets à la pelle. Mais, même lorsque l'inclinaison du gîte se prête à une mise en place immédiate des remblais, ces derniers se tassent inégalement; les gros matériaux roulent à la partie inférieure et sont, en outre, comprimés et tassés par le poids des remblais de la partie supérieure des chantiers. Le bas d'une taille de dépilage sera donc mieux remblayé que le haut, et le toit s'affaissera inégalement ; il en résultera des cassures multiples qui constitueront un danger d'incendie.

6° Les charbons se brisent en glissant sur le mur de la taille et, lorsque ce mur est constitué par des remblais, ils se souillent. C'est là un grave inconvénient qui devient encore plus sérieux, lorsque la couche renferme des nerfs stériles; ces derniers se mélangent avec le charbon lors de l'abatage, et roulent avec lui au bas de la taille où il devient impossible de les trier.

7° Lorsque l'inclinaison devient notable, l'ouvrier est moins bien placé pour exercer un effort, parce qu'il est toujours exposé à glisser; en outre, il doit redouter l'atteinte d'un bloc éboulé roulant sur le mur. De semblables conditions sont défavorables au rendement du mineur.

8° Les cheminées, destinées à relier la voie de roulage des charbons à celle des remblais, ne peuvent généralement pas être effectuées en montage dans les couches grisouteuses; on est alors obligé de faire des descenderies (Épinac), ce qui est assez onéreux.

Résumé sur la méthode des tranches inclinées. — Tels sont les principaux inconvénients que présente la méthode des tranches inclinées; ils sont nombreux, et quelques-uns d'entre eux sont particulièrement graves. Il n'y a donc pas lieu de s'étonner si cette méthode a été pro-

gressivement détrônée par celle des tranches horizontales que nous décrirons plus loin, et si elle n'est plus appliquée que dans un petit nombre de mines.

Mais il faut ajouter que les inconvénients que nous avons signalés n'ont été bien mis en relief que par les très nombreuses applications qui ont été faites de cette méthode, et qu'à une époque cependant peu ancienne les tranches inclinées étaient considérées comme constituant un excellent procédé de déhouillement.

Si on se reporte aux ouvrages ou mémoires publiés, il y a quinze ou vingt ans, on constate que cette méthode jouissait alors d'une grande faveur et qu'elle était considérée comme devant fournir, dans la plupart des cas, la solution du problème du déhouillement des couches puissantes.

La méthode horizontale, qui devait la supplanter le plus généralement, était généralement considérée comme un procédé auquel il fallait se résigner lorsque la trop forte inclinaison du gîte ne permettait pas l'adoption des tranches inclinées. Ainsi Callon disait, en 1873, que « les méthodes en travers ne fournissant à l'exploitation que des tranches d'une superficie réduite relativement à celles des tranches parallèles au plan de la couche, il en résultait une limitation fâcheuse au point de vue de la production journalière. »

Aussi, est-ce par les tranches inclinées qu'on chercha tout d'abord à Blanzy, vers 1863, à remplacer les foudroyages ; et on ne doutait pas que, vu la dureté des charbons, et la pente moyenne généralement favorable des gîtes, la nouvelle méthode ne donnât d'excellents résultats.

Cependant ces espérances ne se réalisèrent pas et, vers 1871, cette méthode fut complètement abandonnée, pour être remplacée dans toute l'étendue de la houillère par celle des tranches horizontales qui, timidement

essayée d'abord, n'avait pas tardé à affirmer sa supériorité.

§ 2. — Méthode par tranches horizontales.

Considérations générales. — La méthode *horizontale en travers* consiste à considérer un gîte comme constitué par une succession de couches minces découpées par une série de plans horizontaux distants de 2 mètres à 2m,50.

C'est au Creusot, vers 1840, que la méthode par tranches horizontales fut essayée pour la première fois dans des houillères. La verticalité du gîte, sa puissance, la nature ébouleuse des charbons rendaient à peu près impossible toute autre méthode : aussi cette dernière fut-elle appliquée, depuis son introduction, sans autres modifications que les perfectionnements de détails que motivaient les progrès généraux de l'art des Mines. C'est du Creusot que la méthode précitée fut importée à Blanzy vers [illegible]. C'est probablement aussi au Creusot qu'on créa pour la première fois dans le rocher, parallèlement au gîte, les voies de roulage principales des charbons et des remblais, disposition qui devait également plus tard être introduite à Blanzy.

Il ne sera probablement pas sans intérêt de résumer brièvement les transformations et améliorations qu'a subies, depuis son origine jusqu'à nos jours, la méthode horizontale, tant au Creusot qu'à Blanzy.

Premier mode d'application au Creusot. — La houillère du Creusot était envahie jadis par des incendies extrêmement nombreux qu'avaient provoqués les dépilages sans remblais, et il fallait s'attendre, dans l'emploi de la nouvelle méthode, à être grandement gêné par le voisinage de ces feux. On prit donc le parti de disposer l'exploitation de telle sorte, que non seulement les cou-

ditions fussent peu favorables au développement des incendies, mais encore qu'il fût facile de localiser les feux souterrains en restreignant l'étendue des massifs barrés.

Il était généralement d'usage alors, dans les houillères, de maintenir autour des voies principales de roulage des massifs d'investison, destinés à mettre ces voies à l'abri des incendies survenus dans les quartiers en exploitation. Mais ces massifs, qui ne tardent pas à être brisés et fissurés en tout sens, dès que les parties de la couche les avoisinant sont déhouillées, constituent généralement une protection d'autant plus insuffisante contre les feux qu'ils sont très fréquemment eux-mêmes une cause de développement d'incendies.

On avait donc très sagement, au Creusot, pris le parti, vers 1848, de ne plus conserver de massifs d'investison, et de créer en dehors du gîte les voies principales de roulage. On pratiquait au rocher, à peu de distance de la couche, des voies parallèles au gîte, auquel elles étaient reliées de distance en distance par des traverses ; de cette façon chaque quartier compris entre deux traverses pouvait être rendu absolument indépendant des autres quartiers, tant au point de vue du roulage que de l'aérage. Si un incendie se déclarait, il était facile de barrer le quartier où étaient situés les feux, et l'extraction se poursuivait dans le reste de la mine sans aucune gêne.

On comprend aussi que plus les traverses au rocher seront rapprochées, plus faible sera l'étendue des divers quartiers, et par suite moins sera préjudiciable à l'extraction le barrage de l'un d'eux.

C'est d'après ces principes que fut conçue la première organisation de la méthode par tranches horizontales aux mines du Creusot.

La couche était divisée par des plans horizontaux en *zones*, (*sous-étages* ou *piliers longs*) de 6 mètres de

hauteur, comprenant chacune trois tranches ; chacune de ces zones était prise successivement en descendant, mais dans une même zone les trois tranches étaient enlevées en montant.

Une galerie au rocher était pratiquée à la base de chaque zone ; elle était placée au toit de la couche, parce que le mur fournissait généralement beaucoup d'eau. Tous les 50 mètres on la reliait par des traverses horizontales au toit du gîte ; à chaque changement de tranche on transformait ces traverses en rampes, en abattant le toit et en remblayant le sol. Les remblais étaient remontés sur ces rampes par des chevaux.

Perfectionnements apportés au Creusot dans l'application de la méthode. — L'application de cette méthode donna d'excellents résultats, et fit disparaître les embarras causés auparavant par les incendies. Mais elle avait l'inconvénient d'être coûteuse à cause du grand développement des galeries au rocher (voies de roulage et traverses). Les incendies devenant moins redoutables, on pouvait diminuer le nombre des traverses en les espaçant davantage ; aussi se borna-t-on à faire au rocher la voie supérieure et la voie inférieure de l'étage.

Les croquis ci-joints (*fig.* 8 et 9, Pl. VIII) font connaître quelle était la disposition adoptée pour l'enlèvement de l'étage compris entre les niveaux de 260 mètres et de 280 mètres du puits Saint-Paul. Il a été figuré seulement, dans le dessin précité, une partie du champ d'exploitation, la disposition étant la même sur toute l'étendue de ce dernier. On a supposé qu'on était au début du déhouillement de l'étage, et qu'on attaquait la première tranche du sous-étage supérieur située au niveau de 266 mètres.

Les remblais sont descendus au niveau de 260 mètres et arrivent, par les plans inclinés et les traverses, au niveau de la tranche de 266 mètres.

La distance entre les plans inclinés est d'environ 150 mètres ; le parcours maximum à effectuer dans la couche soit pour les charbons, soit pour les remblais, est donc seulement de 75 mètres.

L'air descend par le puits Saint-Paul au niveau de 280 mètres ; la majeure partie remonte par le premier plan incliné et arrive dans la tranche de 266 mètres. Le surplus passe par les autres plans inclinés, vient se mélanger avec le courant et le rafraîchir. On peut, avec des portes à guichet, régler ces arrivées successives d'air.

Le courant total parvenu à l'extrémité Ouest des travaux retourne au jour par le puits Chaptal. L'aérage était ainsi diagonal, c'est-à-dire très rationnel.

Si un incendie venait à se déclarer en un point X situé entre les plans inclinés n°s 2 et 3, et que toute la région MM'NN' dût être barrée, le sortage des produits fournis par le reste de la tranche était néanmoins assuré par les traverses au rocher.

Il suffisait, pour assurer l'aérage, de faire passer le courant par la traverse du plan incliné n° 2 et de lui faire rejoindre la voie au rocher du niveau de 280 mètres pour le faire remonter dans la tranche par le plan incliné n° 3. On pouvait même, avant d'amener le courant dans le plan n° 2, le conduire, au moyen de portes convenablement placées, jusque contre la limite NN' du massif barré. Le courant arrivant par le plan n° 3 pouvait également être amené contre la limite MM', avant de reprendre sa marche normale du côté de l'Ouest. La présence d'un incendie ne pouvait ainsi apporter aucune entrave sérieuse à la continuation des travaux de déhouillement.

Telle était la disposition, fort ingénieuse, qu'on appliquait alors aux houillères du Creusot et qu'on emploie encore aujourd'hui.

Premier mode d'application aux mines de Blanzy. —

Lorsqu'on adopta, aux mines de Blanzy, l'emploi des tranches horizontales, on prit tout d'abord, dans la plupart des districts d'exploitation, modèle sur la houillère du Creusot.

1° **District du puits Saint-François.** — Dans ce district les incendies étaient les plus graves, on multiplia, comme on l'avait fait tout d'abord au Creusot, les voies au rocher. Ces dernières n'étaient distantes que de 4 à 5 mètres, et servaient pour deux tranches seulement. Des traverses les reliaient, tous les 40 mètres environ, aux tranches en exploitation.

Lorsqu'on fut un peu maître des incendies, on procéda à peu près comme il a été exposé ci-dessus pour l'étage de 260-280 du puits Saint-Paul, et pareille disposition fut adoptée pour tous les puits du groupe de Montceau.

2° **District de Lucy.** — Dans ce district on avait, dès le début des tranches horizontales, procédé d'une manière différente. On ne créait pas de galeries au rocher, et comme on redoutait les incendies, on limitait l'étendue des quartiers en exploitation. On divisait un étage de 30 mètres de hauteur verticale en grands panneaux de 100 mètres de longueur, et on déhouillait successivement ces divers panneaux en battant en retraite à partir des limites du champ d'exploitation. Dans chaque étage on n'avait ainsi des travaux que dans deux panneaux, mais dans chacun de ces derniers on attaquait simultanément plusieurs tranches superposées.

Dans un panneau le déhouillement était conduit comme il suit : un plan incliné, protégé par un massif d'interstison, assurait le service des remblais et des charbons ; ce plan était situé à l'une des extrémités du panneau, du côté du travers-bancs de l'étage. Deux galeries de niveau placées sur le mur de la couche, l'une à la partie supérieure de l'étage, l'autre à la partie inférieure, servaient, la première au transport des remblais, la seconde

à celui des charbons ; elles étaient toutes deux également protégées par des massifs d'investison.

Le panneau comprenait douze tranches horizontales ; on les groupait en trois sous-étages comprenant chacun quatre tranches. A l'effet d'éviter les incendies, on prenait chacun de ces sous-étages en descendant. On attaquait simultanément les quatre tranches ; mais le déhouillement d'une tranche était en retard sur celui de la tranche inférieure et en avance sur celui de la tranche supérieure, de telle sorte que l'ensemble des chantiers constituait des gradins renversés, comme l'indique la figure schématique n° 1, Pl. IX, représentant la disposition générale d'un sous-étage en exploitation. La tranche portant le n° 1 est celle inférieure ; des figurés différents représentent, pour chaque tranche, le toit et le mur de la couche.

A l'effet de ne pas compliquer le dessin, il a été fait abstraction des prismes triangulaires de houille situés près du mur.

Cette manière de procéder présentait de sérieux inconvénients, dont les principaux sont les suivants :

L'extraction d'un étage était limitée, puisqu'il n'y avait que deux panneaux en exploitation simultanée, dans chacun desquels existaient au plus quatre chantiers de dépilage ;

Le maintien des piliers d'investison, près des niveaux et des plans inclinés, était une cause d'incendie ; il en résultait aussi fatalement une perte de charbon parce que leur enlèvement ultérieur présentait des difficultés ;

L'aérage des chantiers répartis dans quatre tranches superposées laissait à désirer ; il n'était pas commode de faire circuler le courant entre deux chantiers séparés par des remblais ; mais comme le district de Lucy n'était pas grisouteux, cet inconvénient n'avait qu'une importance relative.

Ces deux dispositions, celle du district de Montceau et celle de Lucy, devaient, après une existence plus ou moins longue, être remplacées par une autre disposition plus avantageuse, dont l'emploi était rendu possible par d'importantes modifications introduites dans les mines de Blanzy.

Modifications introduites dans les mines de Blanzy. — Nous allons, tout d'abord, faire connaître ces modifications, avant de montrer quelles applications elles ont reçues dans les procédés de déhouillement.

1° **Mesures prises à l'égard des incendies.** — L'étude attentive des causes des incendies souterrains, étude poursuivie un peu partout, mais surtout aux mines de Commentry, où elle avait donné lieu à d'intéressants mémoires de M. Fayol, avait montré que les feux étaient essentiellement provoqués par une oxydation lente de la houille, en présence d'une quantité d'air insuffisante pour déterminer un refroidissement des surfaces.

La température s'élève progressivement et arrive jusqu'à celle de l'inflammation. Il était reconnu, en outre, qu'en faisant usage de remblais à la fois résistants et peu perméables, on diminuait dans une très large mesure la formation du menu charbon si aisément inflammable, et qu'on rendait, d'autre part, plus difficile l'arrivée de l'air dans les quartiers remblayés. On reconnaissait encore qu'en activant le déhouillement et en ne laissant pas s'écouler un temps notable entre le moment où les dislocations se produisent et celui où le déhouillement est opéré, on arrivait à supprimer les incendies.

On constatait que dans la plupart des cas, même avec les charbons les plus facilement inflammables, il suffisait de ne pas faire durer plus de deux ou trois mois le dépilage d'une tranche, pour qu'en attaquant de suite la tranche supérieure on fût le plus souvent à l'abri des feux.

Enfin, on avait encore reconnu qu'en renonçant à l'ancien usage du maintien de massifs d'investison près des voies principales, on supprimait une des causes les plus fréquentes du développement des incendies.

En outre, on avait adopté, aux mines de Blanzy, une importante amélioration permettant, dans le cas où une tentative d'incendie se produisait, de la combattre aussitôt d'une façon énergique, et généralement de la maîtriser. A cet effet, on avait installé dans toutes les artères principales des conduites d'eau sous forte pression; en fournissant aux ouvriers chargés de lutter contre les feux, un grand volume d'eau disponible, et en amenant en outre un courant d'air assez énergique pour combattre les effets de la chaleur et chasser les gaz de la combustion, on obtenait le plus souvent l'extinction des incendies.

Les anciennes dispositions adoptées pour l'application de la méthode horizontale avaient été surtout combinées en vue de parer aux inconvénients des incendies qui avaient été, dans le passé, l'un des plus redoutables ennemis des exploitants ; elles n'étaient donc plus bien justifiées, et de nouvelles dispositions devaient être étudiées.

Le vaste réseau de galeries au rocher qui avait le double inconvénient d'être coûteux et d'exiger pour sa création de longs délais, ne présentait plus la même utilité. On fut donc progressivement amené, à Blanzy, à resteindre, et même dans la plupart des cas, à supprimer l'emploi des voies de roulage au rocher.

2° **Simultanéité des opérations de l'abatage et du remblayage.** — On avait reconnu que la simultanéité du remblayage et de l'abatage, pratiquée depuis longtemps déjà aux mines de la Grand'Combe, présentait de sérieux avantages. Un même chariot descend plein de remblais, se vide au front de taille, et il est ensuite rempli de char-

bon. On évite ainsi la double circulation que nécessite la séparation du remblayage et de l'abatage.

Le remblayage était auparavant opéré pendant le poste qui suivait celui de l'abatage, c'est-à-dire pendant la soirée et une partie de la nuit. Or, pendant ce second poste, la surveillance générale laissait toujours à désirer, et les ouvriers, fatigués déjà par les travaux personnels auxquels ils s'étaient livrés dans la matinée, ne fournissaient qu'un effet utile assez médiocre.

C'était aussi pendant ce poste que se pratiquait dans les carrières du jour l'extraction des remblais ; cette dernière était influencée non seulement par les causes que nous venons de signaler, mais encore par la privation de la lumière du jour pendant une notable partie du poste, surtout en hiver.

Toutefois, il y avait un inconvénient dans la simultanéité des deux opérations ; la voie de roulage des remblais étant à un niveau plus élevé que celles des charbons, il fallait, au cas où le même puits devait servir à la circulation des remblais et des charbons, établir une double recette, l'une pour les remblais, l'autre pour les charbons. Il en résultait une complication dans les manœuvres, et une limitation fâcheuse dans la puissance d'extraction du puits. Il y avait grande utilité à faire disparaître cet inconvénient. On y parvint grâce à l'adoption des mesures dont il nous reste à parler.

3° **Emploi des moteurs à air comprimé.** — Enfin l'introduction, dans les houillères de Blanzy, des moteurs à air comprimé devait donner les plus heureux résultats, et permettre notamment de modifier avantageusement la méthode des tranches horizontales.

Les premières installations de compresseurs dans ces houillères remontent à 1872 ; on avait, tout d'abord, exclusivement en vue l'exécution des galeries au rocher, dont le réseau était alors, comme nous l'avons dit déjà,

très développé. On comptait également qu'on ne tarderait pas à résoudre le problème du havage mécanique.

Les galeries au rocher sont devenues beaucoup moins nombreuses que par le passé ; le problème du havage mécanique n'a pas encore été résolu d'une façon satisfaisante, et cependant le nombre des compresseurs a été rapidement en s'accroissant et s'accroîtra encore.

Ce développement de la consommation de l'air comprimé tient à ce qu'il a trouvé son emploi dans de nombreux moteurs, auxquels on n'avait tout d'abord attaché qu'une importance secondaire : treuils pour le service des bures, des plans inclinés ou du traînage mécanique, pour le fonçage des bures, pour l'exécution de sondages ; ventilateurs souterrains, pompes souterraines.

Dans le présent chapitre, nous étudierons seulement, parmi ces diverses applications, celles qui concernent les treuils et les ventilateurs, les autres n'ayant pas de relations directes avec le sujet traité.

L'installation dans les plans inclinés des treuils mus par l'air comprimé donnait pour les manœuvres des facilités exceptionnelles. Auparavant, on avait recours exclusivement à la pesanteur comme force motrice ; on ne pouvait, dans les plans inclinés, que descendre les chariots de charbons ou ceux de remblais, et pour remonter les chariots vides il fallait faire descendre par l'un des brins du câble des chariots pleins ou un contrepoids. Il était nécessaire, en outre, pour que le fonctionnement d'un plan incliné fût convenablement assuré, que sa pente ne fût pas trop faible et qu'elle ne subît pas de grandes variations.

Enfin les manœuvres ne présentaient que peu d'élasticité ; elles étaient paralysées lorsque les chariots pleins ou le contrepoids étaient à la fin de leur course ; la moindre variation dans la longueur du câble empêchait donc le fonctionnement et causait des embarras. La vitesse

dans le plan, qui dépendait surtout de la façon de manœuvrer le frein, était souvent irrégulière.

Avec un moteur à air comprimé on pouvait exécuter telle manœuvre qu'il était désiré, faire monter ou descendre des chariots pleins ; la vitesse était plus régulière et pouvait être en moyenne plus élevée. En outre, il n'était plus nécessaire d'avoir des plans inclinés s'étendant sur toute la hauteur d'un étage entre le niveau à remblais et le niveau à charbon, et atteignant souvent une longueur de 80 à 100 mètres ; le niveau à remblais n'avait en effet plus d'utilité, aussi la longueur des plans inclinés de Blanzy n'est-elle plus en moyenne que de 40 à 50 mètres.

Les diverses circonstances que nous venons d'énumérer font que les plans inclinés avec treuils à air comprimé peuvent desservir une production élevée. Ainsi on fait facilement aujourd'hui, dans un plan de 40 à 50 mètres de longueur, circuler 500 chariots de charbon, soit 275 tonnes pendant un poste de neuf heures ; et dans certains cas, on a même pu atteindre le chiffre de 600 chariots.

Nous avons dit, ci-dessus, qu'il devenait inutile, avec des treuils à air comprimé, d'avoir à la fois un niveau de roulage pour les remblais et un niveau de roulage pour les charbons ; il était facile en effet de remonter les chariot de remblais dans les plans inclinés. Il suffisait donc d'avoir une seule galerie de roulage servant à cette double circulation. Il résultait de cette simplification un autre avantage important, c'est qu'il n'y avait plus à établir, pour le service d'un étage, qu'une seule recette dans le puits de service.

La simultanéité des services de l'abatage et du remblayage était ainsi facile à réaliser, et ne compliquait nullement les manœuvres dans les puits ; elle avait même l'avantage de mieux équilibrer les câbles d'extraction,

attendu qu'une benne vide et une benne de remblais font sensiblement contrepoids à deux bennes de charbons.

L'emploi des moteurs à air comprimé permettait encore d'assurer facilement, et dans des conditions très nouvelles, la ventilation des galeries de préparation et de reconnaissance. Dans le passé il fallait, pour assurer l'aérage, pratiquer deux galeries conjuguées parallèles, reliées fréquemment par des traverses ; la conduite de l'air aux fronts de taille des avancements exigeait en outre l'installation de cloisons ou de canards ; les cloisons étaient d'un entretien difficile ; les canards ne donnaient qu'un faible volume d'air, aussi la ventilation était-elle généralement défectueuse, surtout lorsque la longueur des cloisons ou des canards dépassait 15 ou 20 mètres.

Les petits ventilateurs souterrains mus par l'air comprimé permettent de porter l'air à une grande distance. On a pu récemment, aux mines de Blanzy, avec deux ventilateurs foulants, système Ser, de $0^{m},60$ de diamètre, agissant l'un sur l'autre, amener au front de taille d'une galerie située à 600 mètres environ du courant général, un volume d'air dépassant un demi-mètre cube par seconde. En faisant usage, au besoin, de ventilateurs de dimensions un peu supérieures, il serait assurément possible d'aérer, d'une façon satisfaisante, des galeries en cul-de-sac atteignant 800 ou 1000 mètres de longueur. On aura donc l'avantage, lorsque la largeur des tranches horizontales est peu importante, de n'exécuter, au besoin, qu'une seule galerie de préparation qui servira ensuite au roulage des charbons et des remblais. La même observation peut s'appliquer aux montages destinés à être ensuite transformés en plans inclinés ou en voies d'aérage ; au lieu de créer deux montages conjugués, on pourra se borner à en faire un seul.

Nouvelles dispositions adoptées, à Blanzy, dans l'appli-

cation de la méthode. — Les nouvelles dispositions adoptées aux mines de Blanzy, pour l'application de la méthode des tranches horizontales, devaient donc, en conformité des observations que nous venons de présenter, être conçues autrement que celles antérieurement admises.

Les *fig.* 14, Pl. VII, et 2, Pl. IX, font connaître comment il est actuellement procédé pour la couche n° 4 dans le district du puits Sainte-Marie et dans celui du puits Saint-François. Elles représentent deux cas un peu différents : dans le premier, la voie de roulage est située au milieu de la couche, disposition qui convient surtout au cas où la largeur de la tranche est notable ; dans le second, la voie de roulage est située au mur.

1° District du puits Sainte-Marie. — Le champ d'exploitation d'une tranche s'étend sur une longueur de 800 mètres entre deux failles ; il est disposé à peu près symétriquement par rapport au travers-bancs du niveau de 300 mètres.

Une première tranche a été enlevée sur toute sa superficie au niveau de 300 mètres, et on a conservé au milieu des remblais, de chaque côté du travers-bancs, une voie de roulage comprise entre ce travers-bancs et deux plans inclinés dont il sera parlé plus loin.

A l'effet d'assurer le maintien de cette voie de roulage, on n'a pas attaqué la deuxième tranche de l'étage et on est monté immédiatement en troisième tranche. C'est le déhouillement de cette tranche qui est représenté par la *fig.* 14.

Deux plans inclinés avec treuils à air comprimé relient la tranche en exploitation aux voies de roulage du niveau de 300 mètres, par lesquelles circulent à la fois les charbons et les remblais.

Le même plan incliné sert à la descente des charbons et à la remontée des remblais.

L'air arrive par le travers-bancs de 300 mètres, se divise en deux courants qui aèrent chacun des quartiers situés de part et d'autre du travers-bancs; ces courants vont jusqu'aux extrémités du champ d'exploitation et gagnent, par des montages pratiqués sur le mur de la couche, des galeries au rocher situés au niveau de 285 mètres, qui les conduisent au puits Saint-Hélène où est placé un ventilateur.

On organise le déhouillement dans chaque quartier, de telle sorte que d'un côté du plan incliné central on soit dans la période de traçage, tandis que de l'autre côté on est en dépilage. De cette façon, la production journalière est à peu près constante. La *fig.* 14 représente deux zones en dépilage et deux zones en traçage. Ce traçage s'effectue aisément et rapidement, au moyen de la galerie de roulage de la tranche inférieure maintenue provisoirement au milieu des remblais. On peut attaquer, en autant de points qu'il est nécessaire, le traçage de la voie de roulage de la nouvelle tranche; la galerie de la tranche inférieure, située latéralement et à peu de distance, sert, à l'aide de communications faciles à établir, à l'écoulement des produits et à l'aérage. Pendant ce traçage, les galeries sont généralement en cul-de-sac, mais dès que le grisou apparaît, on amène l'air aux fronts de taille, soit par des cloisons ou des toiles, soit plutôt au moyen de ventilateurs à air comprimé. Le grisou est d'ailleurs peu abondant lorsqu'on a déjà déhouillé, au-dessous de la tranche en exploitation, un certain nombre d'autres tranches.

Dès que la nouvelle galerie de roulage est achevée, on remblaie celle inférieure devenue inutile, et on attaque alors une série de traverses distantes d'environ 20 mètres et allant les unes du côté du toit, les autres du côté du mur.

Le dépilage est opéré au moyen des traverses mentionnées ci-dessus; chacune d'elles donne naissance à un

front de taille de 12 à 15 mètres de largeur, qui est p
jusqu'à la traverse voisine. Vu la faible distance
traverses, le dépilage est ainsi rapidement terminé.

On peut en moyenne enlever une tranche en
mois : deux mois pour le traçage, deux mois pour le
pilage.

La disposition que nous venons de décrire est
tionnelle, les chantiers sont concentrés, de telle
que le déhouillement est rapide, et le circuit de l'air
très satisfaisant.

La seule amélioration qui pourrait être tentée serait
substitution d'une voie au rocher à celle entretenue
les remblais au niveau de 300 mètres. L'existence
cette galerie au milieu de la couche présente, en
les inconvénients suivants :

1° Le boisage exige de fréquentes réparations, il en
sulte une gêne pour le roulage, et, par suite, une li
tion dans la production. Cette limitation deviendrait
tant plus fâcheuse que la longueur des tranches
plus grande et que ces dernières pourraient fournir
extraction plus élevée.

2° Lors du déhouillement de la première tranche
le roulage doit s'effectuer dans ladite tranche; l'éta
galeries est alors très défectueux par suite du tasse
des remblais provoquant la rupture des boisages,
roulage est difficile et l'extraction ne peut être pou
aussi activement qu'il serait désirable.

3° On ne peut enlever la deuxième tranche que
qu'on a achevé le déhouillement de l'étage; les charb
sont alors très brisés.

L'exécution d'une galerie parallèle au gite, située
mur, ainsi qu'il est figuré en pointillé sur la *fig.*
galerie par laquelle s'effectuerait le roulage, ferait dis
raitre ces inconvénients. Comme elle pourrait avoir
grande durée, les frais d'exécution seraient certainement

compensés, et au delà, par les avantages qu'elle procurerait.

Cette observation peut être généralisée, et nous pensons que lorsqu'on a affaire à des gîtes puissants et riches, il y aurait souvent avantage à créer au rocher, au mur de la couche, les voies de roulage principales. La dépense serait parfois peu élevée, par suite de la présence assez fréquente de veines charbonneuses minces qui accompagnent les gîtes épais; c'est dans ces veines que se poursuivraient les galeries précitées.

Nous estimons donc qu'on a probablement eu tort, dans certains cas, de supprimer complètement les voies au rocher; pendant une certaine période ces dernières ont été assurément trop multipliées, mais la réaction nous semble avoir été parfois poussée trop loin, et nous pensons qu'on sera probablement amené à revenir partiellement en arrière.

2° **District du puits Saint-François.** — Nous avons peu de développements à fournir au sujet de l'exploitation de la couche n° 2 dans le district du puits Saint-François; la *fig.* 2, Pl. IX, montre suffisamment comment il est procédé:

La couche est vierge entre les niveaux de 300 et de 240 mètres. À 276 mètres, on a pratiqué un niveau à charbon qui divise ce massif en deux étages. La *fig.* 2 concerne le déhouillement de l'étage inférieur, seul actuellement en cours. Le niveau de 276 mètres sert à la fois au roulage des charbons et à celui des remblais; deux plans inclinés A et B, munis de treuils à air comprimé, permettent de remonter les charbons et de descendre les remblais.

Le champ d'exploitation, qui a environ 550 mètres de longueur, est divisé en quatre quartiers, dont deux sont en dépilage pendant que les deux autres sont en traçage.

La *fig.* 2 montre assez clairement comment est disposé l'aérage.

Pour l'étage supérieur, qui sera incessamment attaqué, on conservera la même galerie de roulage à 276 mètres et on aura alors à pratiquer une opération inverse à celle mentionnée pour l'étage inférieur; des treuils à air comprimé remonteront les remblais et descendront les charbons.

Nous rencontrons ici l'exemple intéressant d'une seule voie de roulage servant pour deux étages, grâce à l'emploi des moteurs à air comprimé.

Nous pourrions reproduire ici, au sujet de la situation de cette voie de roulage, les mêmes observations que celles mentionnées pour le puits Sainte-Marie. Sa situation dans la couche créera des embarras tant pour les dernières tranches de l'étage inférieur que pour les premières tranches de l'étage supérieur, et l'existence d'une voie au rocher eût fait disparaître ces inconvénients.

Nous croyons ne pas devoir quitter ce sujet, sans dire que la deuxième couche a été attaquée déjà par le puits Sainte-Eugénie, et qu'il a été ainsi enlevé vingt-quatre tranches successives au-dessous de la tranche du niveau de 300 mètres qui constitue en réalité une vingt-cinquième tranche.

Le déhouillement d'un aussi grand nombre de tranches successives, sans qu'il y ait eu des incendies, constitue un fait assez remarquable. Si on arrive, comme la chose paraît probable, à mener l'exploitation à bonne fin jusqu'au niveau de 276 mètres, on aura résolu le problème fort intéressant de l'enlèvement de tranches successives prises en montant sur une hauteur verticale d'environ 65 mètres.

3° **Mode de conduite des chantiers de dépilage.** — Nous n'avons pas encore fait connaître, dans notre exposé de la méthode par tranches horizontales, comment étaient conduits les chantiers de dépilage. Il ne saurait y avoir aucune règle fixe à cet égard; il faut avant tout, en effet,

tenir compte de la solidité des charbons. Dans la plupart des cas, à Blanzy, on opère comme il est représenté par les *fig.* 14, Pl. VII, et 2, Pl. IX.

Dans la disposition représentée par la *fig.* 14, disposition qui convient aux tranches d'une largeur comprise entre 25 et 35 mètres, le massif est découpé, pendant la période de traçage, par des traverses distantes de 15 à 20 mètres partant de la galerie médiane pour aller, l'une du côté du mur, l'autre du côté du toit. Ces traverses servent à l'ouverture de chantiers conduits par tailles s'étendant de la voie de roulage au toit ou au mur, sur une longueur de 10 à 15 mètres.

Dans la disposition représentée par la *fig.* 2, qui convient aux tranches de largeur réduite, la voie de roulage est placée au mur, et il n'y a qu'une série de traverses.

Quelle que soit la largeur du gîte, les fronts de taille étant très rapprochés, on pourra dans un délai de quelques semaines, deux mois environ, achever le dépilage de la tranche.

Lorsque l'abatage de la houille n'est pas, par suite de l'orientation des plans de clivage, plus facile dans un sens que dans un autre, il est rationnel de diminuer de moitié le nombre des traverses et de pousser à partir de chacune d'elles des chantiers dans les deux sens (*fig.* 4, Pl. IX). On évite ainsi les cassures qui se produisent à la limite séparative des massifs de houille et de remblais, cassures représentées par la *fig.* 3; on diminue, en outre, l'importance des voies de traçage. Mais le plus généralement on ne peut adopter cette disposition, parce qu'on doit tenir compte des facilités que donnent les plans de clivage.

On a encore, dans certains cas, à Blanzy, lorsque les charbons étaient particulièrement solides, adopté les grands fronts de taille disposés en gradins, comme le représente la *fig.* 5, Pl. IX.

On ouvrait de semblables tailles sur plusieurs points de la galerie de roulage. On obtenait ainsi les avantages suivants :

Facilité de conduire l'air aux fronts de taille en disposant dans la galerie de roulage des portes ou des toiles ;

Suppression des traverses de traçage préliminaires ;

Charbons moins brisés, parce qu'on n'avait plus, à la fin du dépilage, comme dans le mode représenté par les *fig.* 14, Pl. VII, et 2, Pl. IX, des prismes étroits de houille compris entre les remblais et le front de taille en activité.

En revanche, on avait l'inconvénient d'avoir une production irrégulière, parce qu'au commencement comme à la fin du déhouillement d'une tranche, il n'y avait qu'un petit nombre de chantiers en activité. En outre, il n'y avait plus le drainage préalable de grisou qu'opéraient les traverses.

Cette manière d'opérer ne pouvait d'ailleurs être adoptée lorsque la largeur de la tranche était trop faible, n'atteignait, par exemple, que 10 ou 12 mètres, parce qu'il ne restait pas l'espace nécessaire pour placer plusieurs gradins.

C'est donc seulement dans le cas où la traversée horizontale de la couche est notable que cette méthode est applicable, mais nous pensons qu'elle peut alors être avantageusement adoptée, sous la réserve toutefois qu'il n'y ait pas utilité à opérer d'abord un drainage énergique du grisou.

Si la solidité des plafonds le permet, il y aurait même avantage à ne pas disposer le front de taille en gradins et avoir des tailles rectilignes aussi longues que possible.

Lorsque le charbon est moins solide, on donne seulement aux chantiers de dépilage une largeur de 4 à 5 mètres, dont une partie est remblayée au fur et à mesure de l'avancement, en ne laissant libre que la largeur nécessaire à la circulation des chariots.

Enfin, lorsqu'on a affaire à des charbons ébouleux, on se borne à opérer des recoupes contiguës de 2^{m},50 à 3 mètres de largeur (Creusot).

Examen critique de la méthode. — Après cet exposé détaillé de la méthode par tranches horizontales, il nous reste à faire connaître ses avantages et ses inconvénients.

Comme nous avons dit antérieurement que les méthodes par *foudroyage*, par *rabatage* et *verticale* devaient être laissées de côté, nous nous bornerons à établir une comparaison entre la méthode horizontale et celle par tranches inclinées.

Avantages. — Les avantages principaux peuvent se résumer comme il suit :

1° La méthode est applicable dans tous les cas, quelle que soit la puissance de la couche, quelle que soit son inclinaison.

2° Les chantiers étant horizontaux, les chariots sont conduits au front de taille. Le charbon peut être bien trié, et il n'est pas brisé.

3° Par suite de l'horizontalité du sol et du plafond des chantiers, les boisages sont d'une exécution facile ; ils ne sont pas sujets à des déversements provoqués par le glissement de la couche, et les éboulements sont moins à redouter que dans les tranches inclinées.

4° Les remblais devant être relevés à la main ou à la pelle, sont disposés avec plus de soin ; il est facile de construire de distance en distance des murs en pierres sèches ne s'écrasant pas trop sous la pression du toit.

5° Une seule galerie de roulage peut suffire pour le service des charbons et celui des remblais, tandis que, dans les tranches inclinées, il faut avoir deux galeries distinctes.

6° La limitation en largeur des champs d'exploitation, que comporte généralement la méthode par tranches ho-

rizontales, présente au point de vue de l'aérage de rieux avantages. Si l'air entre par l'une des extré de la tranche pour sortir par l'autre extrémité, il n'a qu'un parcours direct et très simple à effectuer. Lorsq le champ d'exploitation a une largeur comparable à longueur, le courant d'air doit, au contraire, se subdi ser généralement en plusieurs branches, parcourir trajets irréguliers et complexes, il comporte des p ou des cloisons multiples; de cette disposition pa tionnelle de l'aérage, il résulte que de nombreux ch tiers, surtout ceux situés aux extrémités des cha d'exploitation, sont ventilés d'une façon généralemen suffisante.

Dans une tranche horizontale dont la largeur ne passe pas le plus souvent 20 à 30 mètres, le co passe en entier dans la galerie médiane, chaque ch n'est distant au plus que de 10 à 15 mètres de la principale d'aérage, et il est facile d'y conduire au une dérivation du courant.

7° On peut augmenter ou diminuer à volonté le no des tranches successives à prendre en montant. L qu'on veut s'isoler de massifs incendiés, un moyen ployé jadis au puits Saint-François des mines de Bla consiste à prendre plusieurs tranches successives descendant. Une première tranche ne peut générale pas, à cause des feux, être prise sur toute son éten mais une seconde tranche est enlevée sur une sup plus grande, et on peut parfois arriver ainsi, après ques efforts, à interposer au-dessous de la zone ince une bande continue de 4 à 5 mètres de remblais constitue une protection efficace pour les travaux à cuter en aval-pendage.

Mais cette manière d'opérer, qui peut rendre pa de réels services, est coûteuse et ne saurait être ado que dans des cas exceptionnels. Un toit de remblais

généralement ébouleux et difficile à soutenir, la consommation des bois est élevée, enfin le massif de charbon non sous-cavé est d'un abatage moins aisé. La surface du toit de remblais est assez irrégulière; en outre, les bois placés dans la tranche supérieure, n'ayant plus de base d'appui, descendent progressivement et encombrent le haut des galeries et des chantiers en activité. Aussi cherche-t-on, dans toutes les houillères, à accroître le nombre des tranches à enlever en montant, de façon à passer rarement sous les remblais;

8° On peut invoquer au profit de la méthode horizontale, en ce qui concerne le grisou, l'avantage suivant. Lorsqu'on déhouille dans un étage vierge une première tranche, il se produit un drainage intense du grisou; le gaz se dégage à la fois du massif de houille supérieur à la tranche et du massif inférieur; les failles ou joints pouvant contenir du gaz se vident progressivement, et cet écoulement du gaz se poursuit pendant un temps plus ou moins long. En fait, quand le dépilage d'une tranche est achevé, le drainage le plus important est opéré. Lorsqu'on attaque la tranche supérieure, on ne pénètre, au plus, que de 2 mètres à $2^m,50$ dans le massif; on diminue seulement de cette quantité la longueur des canaux par lesquels s'échappait le grisou; il est donc naturel de penser que cette faible modification ne saurait provoquer des dégagements importants. C'est en effet ce que la pratique démontre. Dans certaines mines peu grisouteuses, au Creusot, par exemple, où les étages ont une hauteur de 20 mètres, on constate toujours du gaz lorsqu'on entre dans la tranche inférieure (*), mais dans

(*) On pratique, en effet, dans la tranche inférieure de l'étage, au début de l'exploitation, quelques travaux de dépilage à l'effet de pouvoir y loger comme remblais les matériaux provenant des galeries au rocher. Ce sont ces premiers travaux qui provoquent le principal drainage du grisou.

les autres tranches de l'étage on n'en trouve plus quantités appréciables à la lampe ordinaire. A Blanzy les étages ont en moyenne des hauteurs de 25 à 30 mètres, le grisou est également beaucoup plus abondant première tranche que dans les tranches suivantes.

C'est là, croyons-nous, un très grand avantage de méthode horizontale. Dans l'attaque de la pre tranche, on sait qu'il faut se tenir tout particulièrement en garde contre les dégagements de grisou qui peuv alors être très intenses; on prend, en présence de situation spéciale, des précautions toutes partic et, en matière de mines, l'expérience montre qu' arrive presque toujours à conjurer les dangers p Lorsque la première tranche est enlevée, et qu'à la du dépilage les dégagements sont devenus peu tants, on est à peu près certain que dans l'enlève des tranches supérieures on n'aura affaire qu'à dégagements de gaz peu intenses, contre le danger quels il sera facile de se garer.

En diminuant le nombre des tranches successi prendre en montant, on restreint la hauteur du de houille vierge, situé au-dessus de la première t et, par suite, la quantité de grisou pouvant dans cette dernière. A la rigueur on pourrait comme on l'a recommandé parfois, procéder en vement par tranches successives prises en desc de telle sorte qu'on réduirait alors à son min l'afflux de grisou, qui proviendrait seulement du situé à l'aval-pendage. Mais cette méthode entraî dans la plupart des cas, comme nous l'avons dit cédemment, une augmentation très notable des de boisage et d'abatage et ne saurait, pensons-n être recommandée pour une application générale. exemples empruntés aux mines de Saône-et-Loire tamment à celles de Blanzy, montrent d'ailleurs q

peut, avec des précautions suffisantes, tout en exploitant par tranches prises en montant, éviter les explosions de grisou. Ce n'est donc que dans des cas très spéciaux, pour des quartiers exceptionnellement grisouteux, qu'il pourrait y avoir lieu d'opérer par tranches prises en descendant.

9° Enfin les tranches horizontales présentent encore un autre avantage que n'offrent pas les tranches inclinées. Le plus souvent les couches sont surmontées par une assise de schistes, parfois même de schistes charbonneux. Cette assise constitue ce qu'on appelle le *faux toit;* elle est généralement peu solide, et son soutènement est d'autant plus difficile, en tranches inclinées, qu'elle est disloquée par le fait de l'exploitation des tranches inférieures; elle apporte une gêne sérieuse dans l'enlèvement de la dernière tranche et peut même, dans certains cas, être une cause d'incendie. Par tranches horizontales, on ne découvre le faux toit que sur une étendue restreinte; on peut alors d'autant plus facilement empêcher les éboulements qu'une partie du prisme triangulaire de charbon situé au-dessous du toit n'est pas enlevée, ainsi que nous le dirons plus loin.

Inconvénients. — Les inconvénients sont les suivants :

1° Le havage est plus difficile à effectuer, parce qu'il faut couper en travers les barres plus ou moins dures que renferment presque toujours les grandes couches.

2° Lorsque les gîtes sont peu inclinés, la tranche présente, vers le toit et vers le mur de ces derniers, des prismes triangulaires qui ne sont enlevés qu'incomplètement, surtout du côté du toit où les chantiers sont arrêtés dès que leur hauteur descend à 0^{m},60 ou même à 0^{m},80.

3° Lorsque les couches sont peu épaisses, la traversée du toit au mur n'a qu'une faible longueur, et le champ

d'exploitation est très étroit. Le traçage enlève parfois alors la majeure partie du gîte.

4° Si les gîtes ont une allure irrégulière, les champs d'exploitation correspondant aux diverses tranches ont des superficies fort variables; la *fig.* 6, Pl. IX, met cette particularité en évidence. Les tranches qui correspondent au fond de bateau ont des étendues très faibles, tandis que celles qui sont au-dessus ont une très grande largeur par suite de la disposition en plateure du gîte. Dans un cas, le tonnage des tranches sera trop faible, et la production journalière de l'étage subira une forte réduction; dans l'autre cas, le tonnage sera considérable et créera des difficultés sur lesquelles nous croyons devoir présenter quelques observations.

Nous avons dit précédemment qu'il était nécessaire, pour éviter les incendies, de faire suivre rapidement le déhouillement d'une tranche de celui de la tranche supérieure, et nous avons montré comment il était procédé pour arriver à ce résultat, dans le cas le plus habituel de tranches ayant une largeur restreinte (20 à 30 mètres). On ne saurait opérer ainsi lorsque les tranches ont des largeurs importantes, parce qu'alors la production journalière serait excessive. En prenant pour exemple un champ d'exploitation ayant 800 mètres de longueur et 100 mètres de largeur, chaque tranche renfermerait environ 200.000 tonnes de houille. Si l'ensemble du traçage et du dépilage devait être effectué en quatre mois, il y aurait, pendant la période de dépilage, une production journalière dépassant 3.000 tonnes, ce qui serait excessif.

Il faut donc, en pareil cas, limiter l'étendue du champ d'exploitation en le divisant en plusieurs quartiers à exploiter successivement; dans chacun d'eux, le déhouillement des diverses tranches serait complètement terminé avant d'être commencé dans le quartier voisin.

Une solution satisfaisante, au point de vue de l'aérage des travaux, consisterait assurément à diviser le champ d'exploitation, suivant sa largeur, en deux ou plusieurs zones séparées par des plans verticaux; dans chacune de ces dernières on retrouverait les conditions habituelles de l'application de la méthode horizontale.

Mais cette manière de procéder ne saurait être appliquée qu'à des gîtes en plateure et d'une épaisseur régulière; dans la plupart des cas, il serait impossible de tracer dans les couches des divisions longitudinales découpant des quartiers d'une forme rationnelle.

On sera donc, le plus souvent, conduit à diviser le champ d'exploitation suivant sa longueur en plusieurs quartiers, dont chacun serait exploité sur toute sa hauteur, avant qu'il soit procédé au dépilage des quartiers voisins. On aura alors l'inconvénient d'avoir des champs d'exploitation d'une grande largeur, dont l'aérage offrira quelques difficultés et exigera des précautions spéciales.

§ 3. — Résumé et conclusions sur les méthodes par tranches inclinées et par tranches horizontales.

Les inconvénients que nous avons mentionnés concernant la méthode horizontale sont assez sérieux, mais, en compensation, les avantages sont tels que dans les houillères de Blanzy, de Montchanin et du Creusot, on préfère la méthode horizontale à celle des tranches inclinées, même lorsque le gîte n'a qu'une épaisseur de 3 à 4 mètres. On trouve, en effet, dans ces mines, qu'il n'y a pas convenance à employer dans ce cas la méthode des tranches inclinées, parce que, vu l'irrégularité des gîtes, elle ne saurait être d'une application générale, et qu'il faudrait, dès que les couches atteignent une forte inclinaison, la remplacer par la méthode horizontale.

C'est également la solution à laquelle on a été pro-

gressivement conduit aux mines de Montrambert, où la méthode des tranches inclinées a joui jadis d'une grande faveur. Dans sa *Notice pour l'Exposition universelle de* 1889, M. Devillaine dit en effet que pour la couche dite « Deuxième Brûlante », dont la puissance varie de 2^{m},50 à 4 mètres, et dont l'exploitation était opérée autrefois par tranches inclinées, on applique maintenant la méthode horizontale. Il est assurément remarquable de voir que dans les mines de Saône-et-Loire, mentionnées plus haut, on est arrivé progressivement, par suite des données de l'expérience, à des conclusions identiques à celles qui étaient finalement admises à Montrambert. Cette concordance dans les résultats obtenus leur donne une grande valeur, et fait ressortir hautement la supériorité de la méthode horizontale.

Pareille conclusion n'a d'ailleurs rien que de naturel et ressort bien des considérations que nous avons exposées. Nous avons montré, en effet, que la pratique de l'emploi de la méthode des tranches inclinées avait, le plus souvent, conduit à limiter le champ d'exploitation à un pilier long de 6 à 8 mètres de hauteur pris par tranches successives. Or, dans ce cas, on avait en exploitation une tranche inclinée d'une longueur indéterminée, mais dont la largeur ne dépassait guère 12 à 15 mètres. On arrivait ainsi, contrairement à la supposition de Callon, que nous avons mentionnée plus haut, à avoir, comme dans la méthode horizontale, un champ d'exploitation long et étroit; la seule différence consistait en ce que dans l'une des méthodes les chantiers d'abatage étaient inclinés, tandis que dans l'autre ils étaient horizontaux. Ces derniers offrant de sérieux avantages sur les premiers, il était évident que du moment où dans un gîte la traversée horizontale moyenne était de 12 à 15 mètres, la seconde méthode devait être préférée à la première. Il n'y avait plus que dans le cas de couches de

3 à 4 mètres que le doute était permis, et nous avons vu que la pratique de l'expérience a fait généralement encore dans ce cas préférer la méthode horizontale.

La question des méthodes d'exploitation nous paraît donc avoir fait un grand pas depuis une vingtaine d'années; alors on tâtonnait, on essayait diverses méthodes; aujourd'hui, il n'en existe plus que deux : l'une, la moins appréciée au début, et tenant aujourd'hui le premier rang, celle des *tranches horizontales*, qui convient à tous les cas; l'autre, celle des *tranches inclinées*, qui convient seulement aux couches qui n'ont ni une pente trop forte, ni une puissance supérieure à 4 ou 5 mètres, ni une allure trop irrégulière.

Il nous paraît équitable de rappeler que c'est à une houillère de Saône-et-Loire, celle du Creusot, que revient le mérite d'avoir, la première, appliqué la méthode des tranches horizontales, et d'avoir ainsi montré la voie dans laquelle se sont engagées ensuite la plupart des autres houillères.

Disons aussi que c'est une houillère de Saône-et-Loire, celle de Blanzy, qui peut à bon droit revendiquer l'honneur d'avoir, la première, fait une très large application des moteurs à air comprimé (*), et d'avoir ainsi grandement perfectionné la méthode horizontale.

CHAPITRE IV.

PERFECTIONNEMENTS QUE COMPORTE L'EXPLOITATION DES COUCHES PUISSANTES.

Considérations générales. — Il nous reste, pour clore cet exposé, à indiquer quels nous paraissent être les

(*) La production annuelle d'air comprimé aux mines de Blanzy atteint actuellement le chiffre considérable de 20.000.000 de mètres cubes, pour une extraction d'environ 1.400.000 tonnes, soit près de 15 mètres cubes par tonnes.

perfectionnements que peuvent comporter encore méthodes d'exploitation des couches puissantes.

Nous pensons que la méthode horizontale, dans la part des cas, et celle des tranches inclinées dans les mentionnés précédemment, fourniront pendant long encore la solution à adopter pour le déhouillement couches puissantes; mais nous estimons que des liorations plus ou moins importantes doivent être gressivement introduites dans l'application de ces thodes.

Il est essentiel, pour l'étude de ces amélior d'examiner deux cas distincts. Certaines houillères déjà dans une très bonne situation au point de vue mode d'exploitation employé, de l'aérage et de l' des moteurs souterrains. D'autres mines présente contraire, d'assez graves défauts, et comportent transformations plus ou moins radicales.

Nous passerons successivement en revue ces de tégories de houillères.

§ 1. — Houillères bien outillées.

Dans ces houillères, les améliorations à intr visent surtout la disposition générale des travaux, dépendent étroitement les organisations de l'aérage du roulage. Le vice le plus fréquent qu'on constate les houillères est le suivant :

Insuffisance fréquente des travaux de reconnaiss — Les travaux de reconnaissance, destinés à bien nir l'allure des gîtes, sont loin d'être achevés avant commence le déhouillement; il en résulte que le p d'exploitation qui avait été conçu, ne répond sou plus à l'allure réelle du gîte, que les voies d'aérage été mal placées, et qu'on est obligé de faire suivre courant d'air des trajets irréguliers, souvent capric

il faut multiplier les portes, les guichets, et finalement il résulte de cet état de choses que l'aérage d'une partie des travaux laisse à désirer.

On ne tient pas assez compte de ce que les défauts et les qualités de la ventilation dépendent essentiellement de la disposition générale des travaux; il sera toujours aisé d'aérer des chantiers concentrés, distribués rationnellement, situés à peu de distance des voies principales du parcours de l'air, tandis qu'il sera impossible d'assurer convenablement la ventilation de chantiers éparpillés, situés à de grandes distances les uns des autres, et répartis sur un champ d'exploitation occupant une vaste superficie. Dans le premier cas, on pourra avoir un aérage diagonal, tandis que dans l'autre l'aérage laissera forcément à désirer..

Les mêmes observations peuvent s'appliquer au roulage souterrain; l'éparpillement des quartiers en exploitation oblige à entretenir un réseau de galeries beaucoup trop étendu et trop coûteux.

Il nous paraît donc certain qu'on aurait une exploitation souvent mieux entendue si on se préoccupait davantage de bien connaître tout d'abord l'allure des gîtes, tant par des explorations géologiques à la surface que par des travaux de reconnaissance au fond, et si le déhouillement n'était commencé qu'après que ces études auraient été menées à bonne fin. On serait alors en mesure de dresser un projet absolument complet et bien conçu dans tous ses détails (aérage, roulage, abatage, sortage, épuisement, remblais, etc.). On aurait un champ d'exploitation convenablement disposé, dans lequel il serait facile d'avoir, non seulement un excellent aérage, mais encore un roulage commode et économique pour les charbons et pour les remblais. En agissant ainsi, les exploitants trouveraient à la fois la sécurité et l'économie.

Sans doute, les travaux de reconnaissance à pratiquer dans un gîte sont souvent assez longs, et l'exploitant n'a pas toujours la patience d'attendre qu'ils soient achevés pour commencer le déhouillement, surtout si la situation commerciale est particulièrement favorable. Mais cette excuse, tirée de la durée des travaux de reconnaissance, est aujourd'hui beaucoup moins bien fondée qu'autrefois, parce que l'emploi des moyens nouveaux (perforatrices, explosifs brisants) permet d'abréger considérablement les délais d'exécution. Il suffit de commencer à temps les explorations, et les exploitants seront largement dédommagés plus tard des premiers sacrifices pécuniaires qu'ils auront consentis.

Extension de l'emploi des ventilateurs souterrains. — Nous avons mentionné, dans le chapitre précédent, les services que rend dans les travaux d'abatage, et surtout dans ceux de préparation, l'emploi des ventilateurs souterrains mus par l'air comprimé. Nous pensons que ces appareils peuvent être encore, dans certains cas, appliqués avantageusement à l'aérage de quartiers d'exploitation.

Il est à remarquer, en effet, qu'avec les ventilateurs souterrains la dérivation du courant principal est obtenue sans qu'il en résulte aucune diminution dans l'effet utile des ventilateurs établis à la surface. Les résistances correspondant au trajet parcouru par le courant secondaire sont surmontés par le ventilateur intérieur. Or il arrive fréquemment, dans la plupart des mines, que l'aérage d'un quartier d'exploitation, situé loin du groupe principal des travaux, oblige à faire parcourir à tout ou partie du courant général un circuit assez étendu, créant des résistances importantes, et qu'alors le volume d'air circulant dans la mine ne soit pas suffisamment élevé. Pour remédier à cet inconvénient, il sera rationnel, si

l'exploitation dudit quartier ne doit pas être de longue durée, d'en assurer l'aérage au moyen de ventilateurs souterrains de plus grandes dimensions que ceux employés habituellement. Les progrès réalisés dans l'établissement des appareils de ventilation permettent, en effet, d'obtenir de grands volumes d'air avec des ventilateurs de faibles dimensions à rotation rapide.

De même, il peut arriver que dans certains cas, par suite de l'importance des travaux de traçage exécutés, par suite aussi de la rencontre de massifs particulièrement grisouteux, la ventilation de la mine devienne insuffisante; on aura la facilité de parer à tout danger, en installant des ventilateurs souterrains, auxquels serait dévolu l'aérage d'un quartier de la mine. Les résistances éprouvées par le courant général seraient diminuées par l'effet de la réduction du circuit, et le volume d'air aspiré par les ventilateurs de la surface serait accru.

Sans doute, il est moins coûteux de provoquer l'aérage au moyen des ventilateurs de la surface actionnés par des machines à vapeur à fonctionnement économique, que par des ventilateurs intérieurs sur lesquels sont attelés des moteurs à air comprimé ne donnant qu'un faible rendement; mais on ne saurait nier que l'emploi de ces ventilateurs puisse, dans les cas que nous venons de mentionner, rendre de très sérieux services.

Progrès à espérer dans les applications des moteurs souterrains. — Enfin nous pensons que, dans les houillères déjà pourvues de moteurs à air comprimé, de nouvelles et fort importantes applications de ces moteurs seront vraisemblablement réalisées dans l'avenir. Jusqu'à ce jour, en effet, aucun progrès saillant n'a été réalisé dans l'abatage du charbon; le travail long et pénible du havage s'effectue presque partout à la main, et le charbon est brisé par le pic de l'ouvrier et l'action des explo-

sifs. Il en résulte que dans les charbons durs le tra de l'abatage est coûteux, que le traçage des voies préparation et de reconnaissance ne peut être que lentement; il en résulte aussi que du charbon devrait être obtenu en gros fragments d'une valeur chande élevée, fournit une forte proportion de ayant une valeur commerciale bien inférieure. évidemment, sous ce rapport, de grands progrès à liser : il faudrait trouver des moyens mécaniques tage supprimant le havage au pic et diminuant le charbon. Le problème n'est pas insoluble; des nombreux et intéressants ont été déjà faits dans voie, et il est permis d'espérer qu'ils aboutiront une heureuse solution. Lorsque ce résultat sera l'art des mines enregistrera un progrès dépassant importance la plupart de ceux réalisés jusqu'à ce jour

§ 2. — Houillères insuffisamment outillées.

Considérations générales. — Nous venons de tionner les améliorations que nous paraît comporter à présent, l'exploitation des houillères les mieux lées; nous avons dit aussi quels perfectionnements vaient être espérés dans l'avenir. Il nous reste à des houillères, malheureusement trop nombreuses, n'ont pas été mises au niveau des progrès de l'art mines.

Sans doute, pour plusieurs de ces dernières, qui et ne peuvent avoir qu'une extraction minime, et l'avenir est incertain, il ne saurait être question d'in troduire des perfectionnements exigeant une premi dépense d'installation élevée.

Mais pour les houillères dont la production est im tante, et dont l'avenir est assuré par la présence sérieuses richesses minérales, nous pensons qu'il

devrait y avoir aucune hésitation à adopter les améliorations qui ont été, depuis longtemps déjà, introduites dans d'autres mines.

Ces améliorations ont trait à la méthode d'exploitation, à l'aérage des travaux et à l'installation des moteurs intérieurs.

Méthode d'exploitation. — Nous n'entrerons dans aucun détail relativement à la méthode d'exploitation, à la disposition générale des travaux ; nous ne pourrions que répéter ce que nous avons déjà exposé dans le présent mémoire.

Installation de ventilateurs à la surface. — Nous considérons également comme inutile d'insister sur l'obligation d'installer des ventilateurs à la surface pour aérer d'une façon efficace les mines grisouteuses ; c'est un sujet déjà bien fréquemment traité et qui peut être considéré aujourd'hui comme suffisamment élucidé. Nous nous bornerons à dire que la question de l'aérage ne devrait pas seulement préoccuper les exploitants dans le cas de couches grisouteuses, et qu'elle devrait encore être l'objet de leur attention quand bien même les gîtes ne dégageraient pas de grisou.

Faire travailler des ouvriers, ainsi que cela se voit encore parfois, dans des chantiers où il arrive peu ou pas d'air, et où la température atteint ou dépasse 28 degrés, constitue un acte de mauvaise organisation ; non seulement l'ouvrier est alors dans de fâcheuses conditions hygiéniques, mais encore il ne peut développer qu'un effet utile très faible, et le travail qu'il effectue devient trop coûteux. Les exploitants ne devraient pas alors hésiter à installer des ventilateurs pour parer à l'insuffisance de l'aérage naturel (*).

(*) Des statistiques fort intéressantes, dressées par M. Fran-

Opportunité de l'installation de moteurs souterr
— Pour les moteurs intérieurs, nous croyons devoir
un peu moins bref. On objecte souvent le coût des
stallations et celui du fonctionnement ; il nous paraît
utile d'examiner cette question de frais d'une faço
peu détaillée, et de voir jusqu'à quel point sont f
les griefs formulés. Nous ne parlerons ici que
moteurs à air comprimé ; nous ne prétendons null
que ces derniers soient les seuls à employer, mai
sont beaucoup plus répandus que les autres, et
seulement sur eux que nous sommes en mesure de
nir quelques renseignements économiques ; telle es
raison de la limitation apportée à notre étude.

Coût de production de l'air comprimé. — Nous
poserons, dans la présente étude, qu'on ait affaire
compresseur du type de ceux le plus généralemen
ployés (Dubois-François, Révollier, Hanarte, Bu
khardt, etc.) ; ces appareils sont construits assez éco
miquement et le moteur à vapeur les actionnant est
modèle simple, avec faible détente et sans condens
On peut admettre qu'un de ces appareils, fournissant
l'air à $4^{kg},500$, coûte, y compris les chaudières, r
voirs, bâtiments, etc., 15.000 francs environ pour 1 m
cube d'air comprimé par minute. La machine à vap
devra approximativement développer, en travail ind
sur le piston, 40 chevaux ; elle ne saurait guère cons
mer moins de 2 kilogrammes de houille d'assez b
qualité par cheval et par heure ; en estimant la houill
12 francs la tonne, il en résultera une dépense de ch
bon de $0^{f},016$ par mètre cube d'air comprimé.

çois, ingénieur en chef des mines d'Anzin, établissent que
rendement individuel des mines s'est accru dans les houill
à mesure que le volume d'air circulant dans les travaux a é
augmenté.

Pour les salaires des machinistes, des chauffeurs, les réparations, les fournitures, les frais généraux, nous admettrons le chiffre de 0f,005 qui nous a été communiqué par la compagnie de Blanzy. En portant, pour la part afférente à l'intérêt et à l'amortissement des installations des compresseurs, 10 p. 100 par an du capital engagé, et en admettant que les compresseurs marchent avec leur vitesse normale vingt heures par jour, il en résultera pour le mètre cube d'air comprimé une nouvelle dépense de 0f,004. Le prix de revient total du mètre cube d'air comprimé serait ainsi de 0f,0250.

Ce chiffre est même évalué largement; d'une part, en effet, les houillères utilisent généralement sous leurs chaudières des combustibles impurs dont l'écoulement commercial serait parfois difficile, de telle sorte qu'il y aurait lieu souvent de réduire les frais indiqués pour la consommation du combustible; d'autre part, les mines arriveront sans doute à faire usage de compresseurs d'un établissement plus coûteux, mais consommant beaucoup moins de combustible.

C'est donc sous réserve des observations précédentes que nous admettrons, dans les évaluations qui vont suivre, le chiffre de 0f,0250.

Classement en trois catégories des moteurs souterrains. — Examinons maintenant les conditions de fonctionnement de quelques-uns des appareils actionnés par les moteurs à air comprimé. Ces appareils peuvent être divisés en trois catégories distinctes.

Dans certains cas, on a essentiellement en vue de mener rapidement à bonne fin un travail déterminé, et la question de dépenses est primée par celle des délais d'exécution; tel est le cas du percement de travers-bancs au rocher destinés à créer un nouvel étage d'exploitation. Alors on a souvent recours aux perforatrices à air com-

primé, à l'effet d'obtenir un avancement plus rapide que celui réalisé par les moyens ordinaires.

Dans d'autres cas, on exécute, au moyen des moteurs intérieurs, certains travaux exceptionnels qu'il serait impossible de pratiquer par d'autres procédés, tels que fonçages de bures profonds, forages et sondages importants.

Enfin, il y a lieu de ranger dans une troisième catégorie les moteurs actionnant des ventilateurs, des treuils pour plans inclinés ou pour bures; on pourrait ne pas avoir recours à ces appareils et employer d'autres moyens d'une efficacité suffisamment établie; il importe alors de voir si les moteurs intérieurs constituent une solution avantageuse.

Nous examinerons successivement, mais brièvement, ces diverses applications des moteurs souterrains; mais nous devons dire, tout d'abord, que les chiffres obtenus ne seront qu'approximatifs, parce qu'il n'a pas été fait, à notre connaissance, d'essais indiquant d'une façon un peu précise les quantités d'air consommées par les divers appareils.

Moteurs de la première catégorie. Perforatrices. — Il n'est pas possible d'établir un prix de revient général pour les Perforatrices, parce que ce prix varie essentiellement non seulement suivant les appareils employés, mais encore et surtout suivant la nature des terrains traversés.

De nombreux résultats ont été déjà publiés par divers ingénieurs concernant l'emploi des perforatrices; les chiffres indiqués sont souvent très discordants, ce qui s'explique aisément par la diversité des conditions dans lesquelles il était opéré.

Il y aurait, sans doute, intérêt à faire connaître quels seraient, dans des cas variés, les prix de revient du

fonctionnement de ces outils; malheureusement nous ne disposons pas d'éléments assez certains d'appréciation pour pouvoir aborder ce problème, et nous nous bornerons à présenter les considérations suivantes qui résument l'ensemble des avis le plus généralement émis.

Si les terrains à traverser sont très durs, qu'il faille forer de nombreux coups de mine, et que ce forage, par les moyens usuels, exige beaucoup de temps, l'emploi de la perforatrice sera très rationnel; cet outil fonctionnera pendant une bonne partie de chaque poste, et, comme il permettra un avancement beaucoup plus rapide que celui obtenu à la main, il pourra n'être pas plus coûteux. Si, au contraire, les terrains sont tendres, le forage des coups de mine constitue une opération aisée et n'exige pas beaucoup de temps, tandis que l'abatage, l'enlèvement des déblais et le boisage absorbent la majeure partie de la durée d'un poste; dans ce cas, l'emploi d'une perforatrice ne sera pas justifié. Cet outil ne fonctionnerait que pendant une durée trop restreinte, et il entraînerait des frais beaucoup plus élevés que ceux résultant du travail à la main, sans procurer un avancement notablement plus rapide.

L'emploi de ces outils ne saurait donc être général, mais il est incontestable que, dans certains cas, ils rendent d'excellents services.

Moteurs de la deuxième catégorie. — Nous ne chercherons pas non plus à établir des prix de revient pour les travaux exceptionnels tels que fonçages de bures ou forages de trous de sonde, parce que ces prix sont essentiellement variables avec la nature et l'importance des travaux exécutés.

Il est parfaitement reconnu, d'ailleurs, que le fonctionnement des moteurs à air comprimé est peu économique; les nombreux intermédiaires interposés entre la machine

à vapeur et l'engin à mettre en mouvement absorbent une fraction plus ou moins notable du travail effectué; le moteur à air comprimé donne notamment un mauvais rendement parce qu'il fonctionne jusqu'à présent, dans les mines, sans emploi de la détente.

Mais il sera néanmoins avantageux, au point de vue de l'économie et de la rapidité, de faire usage de ces moteurs pour exécuter des bures ou des sondages importants lorsque les travaux souterrains seront déjà à une assez grande profondeur. Ainsi, aux mines de Blanzy, on a récemment foncé, à partir d'une galerie située au niveau de 226 mètres, un bure ayant $3^m,20$ de diamètre et une profondeur de 178 mètres. Pareil procédé a été également employé pour fonçages de puits en sous-stock.

Enfin, à Montchanin, on a pratiqué, à partir d'un travers-bancs situé à la profondeur de 500 mètres, un sondage qui a déjà atteint une longueur de 600 mètres et atteindra, s'il est nécessaire, celle de 750 mètres. Une installation de compresseur a même été faite spécialement en vue de ce travail.

Moteurs de la troisième catégorie. — Il nous reste à aborder les moteurs de la troisième catégorie, que nous avons établie ci-dessus :

1° **Treuils.** — Supposons un treuil desservant un plan incliné de 50 mètres de longueur, et permettant de faire circuler pendant une période de neuf heures 1.000 wagonnets, dont 500 de charbon et 500 vides ou pleins de remblais; le treuil serait actionné par deux cylindres ayant chacun $0^m,20$ de diamètre et $0^m,20$ de course; il faudrait 16 tours de tambour et 80 tours de manivelle des moteurs pour qu'un chariot parcourût les 50 mètres. En supposant qu'il ne soit monté et descendu qu'un seul chariot à la fois, il faudrait 500 voyages; chacun de ces derniers consommerait environ 2 mètres cubes, en sup-

posant qu'il n'y ait pas d'étranglement d'air (*) à l'admission et pas de pertes. La consommation serait alors de 1.000 mètres cubes par poste, entraînant une dépense de 25 francs, qu'il y aurait lieu de réduire à 20 francs environ, pour tenir compte de l'étranglement à l'admission, qui procure une économie dépassant largement la dépense résultant des fuites et pertes.

L'entretien, les réparations, l'intérêt et l'amortissement du prix d'achat de l'appareil et de la canalisation correspondante semblent pouvoir être évalués à environ 5 francs par jour.

La dépense journalière totale serait alors de 25 francs. Cette dépense serait diminuée en faisant circuler deux chariots ensemble; on n'aurait plus alors que 250 voyages à effectuer, consommant 500 mètres cubes d'air dont le coût serait de 12f,50, chiffre qu'il conviendrait de réduire à 10 francs environ pour tenir compte de l'étranglement à l'admission.

La dépense journalière totale serait alors de 15 francs; on réaliserait ainsi une notable économie dans la marche de l'appareil.

La dépense de fonctionnement des treuils permet de réaliser les économies suivantes:

1° Une seule voie à entretenir pour le service des charbons et des remblais, cette voie pouvant tout aussi bien être à la base d'un étage avec descente des charbons et remonte des remblais, qu'à son sommet avec remonte des charbons et descente des remblais. Par conséquent, une seule et même voie de roulage peut non seulement être affectée à un double service (charbons et remblais),

(*) Il arrive le plus fréquemment, en effet, qu'on admet dans les cylindres de l'air à une pression très inférieure à 4 kilogrammes; il suffit souvent d'avoir une pression de 2 ou 2kg,500. On arrive à ce résultat en n'ouvrant que partiellement le robinet d'admission.

mais encore être utilisée pendant une très longue péri
et on sait que l'entretien d'une galerie est en gén
d'autant moins coûteux que cette galerie est plus a
cienne;

2° Services de l'abatage et du remblayage opérés pe
dant le même poste; une seule recette dans le puits
pour les charbons et pour les remblais ;

3° Enfin, fonctionnement assuré du plan incliné d
tous les cas, quelle que soit la pente, et effet utile du
largement accru, puisqu'il sert à la fois à la circu
des charbons et à celle des remblais.

Il est difficile de préciser, par des chiffres, l'écon
que procure, pour les motifs indiqués ci-dessus, l'em
des treuils à air comprimé; cependant il est aisé de
qu'ils sont importants. Ils nous paraissent être, dans
plupart des cas, largement suffisants pour comp
les dépenses que nécessitent les treuils. C'est seul
lorsque l'exploitation portera sur des quartiers ne d
avoir qu'une durée limitée et incapables de fournir une p
duction élevée, que l'avantage des treuils à air compr
pourra être mis en doute. Il serait, en effet, peu raiso
d'installer des outils susceptibles d'un grand effet
lorsque l'effort à leur demander serait minime, et q
cette installation ne serait utilisée que pendant
courte période.

Nous venons d'étudier le rôle du treuil à air compr
dans les cas courants de l'exploitation des mines.
existe divers autres cas où les services qu'il rend
momentanés, mais n'en sont pas moins apprécia
Ainsi, il permet, lorsque les travaux ne sont pas gê
par l'affluence des eaux, d'opérer l'exploitation en val
On peut éviter alors la dépense d'un travers-bancs, da
le cas où cette dernière serait trop élevée pour l'impor
tance des quartiers à desservir.

2° **Ventilateurs.** — Nous avons montré précédemm

comment l'emploi des ventilateurs à air comprimé permettait non seulement d'aérer tous les chantiers en cul-de-sac, mais encore d'opérer à l'aide d'une seule galerie les explorations ou préparations. Examinons ce que coûte le fonctionnement d'un de ces appareils.

Supposons un ventilateur de $0^m,50$ de diamètre faisant 800 tours, le moteur faisant lui-même 350 tours, avec un cylindre de $0^m,10$ et une course du piston de $0^m,10$.

La dépense d'air comprimé serait de 550 litres par minute (*), soit, par vingt-quatre heures, de 792 mètres cubes coûtant $19^f,20$, ou en chiffre rond 20 francs.

Si on ajoute à ce chiffre 2 francs pour entretien, intérêt et amortissement du ventilateur et de la part de canalisation correspondante, on arrive à un total de 22 francs.

Mais, et c'est là un point essentiel à observer, nous avons supposé le maximum de vitesse, maximum rarement atteint et qu'on ne cherche à réaliser que dans certains cas exceptionnels (grand éloignement du chantier à aérer, grisou à déloger); aussi doit-on admettre qu'en moyenne, elle ne dépasse guère la moitié du chiffre précité et qu'elle est comprise entre 12 et 15 francs.

En somme, le coût du fonctionnement des ventilateurs est assez élevé; cependant on peut dire que non seulement elle est justifiée par la sécurité qu'elle procure, mais encore qu'elle est inférieure, dans la plupart des cas, à celle qui résulterait de l'obligation de créer et d'entretenir une galerie supplémentaire avec traverses, et de disposer des cloisons d'aérage jusqu'aux fronts de taille.

3° **Appareils divers.** — Pour terminer cette étude des applications de l'air comprimé, disons que ce dernier

---

(*) Nous admettons que les fuites et pertes sont compensées par l'étranglement qui existe le plus généralement à l'admission

rend encore des services en permettant d'actionner des trainages mécaniques, soit de petites pompes so raines.

Résumé sur les moteurs souterrains. — Enfin, et là un point essentiel, l'expérience acquise avec l'e des moteurs à air comprimé est assez grande déjà, qu'il soit permis de dire que leur fonctionnement est satisfaisant, que les arrêts pour rupture d'engins ou autre cause sont extrêmement rares, et que les gara de sécurité qu'ils offrent sont des plus sérieuses.

De ces considérations il résulte, à notre avis, l'emploi de l'air comprimé, qui a pris une si gr extension aux mines de Blanzy, sous les direc successives de MM. les ingénieurs Petitjean et M est parfaitement justifié, que les dépenses résultant installations sont plus que compensées par les avan qui en résultent au point de vue non seulement de sécurité, mais encore de l'économie de l'extraction. pensons donc que d'autres houillères auraient inté suivre cet exemple, et qu'elles ne devraient pas re devant les frais que motivent de pareilles installa quelque coûteuses qu'elles paraissent être.

Rôle des moteurs souterrains dans les couches mi — Nous avons visé seulement, dans le présent mém l'exploitation des couches puissantes, même lorsque avons parlé des moteurs souterrains. Ce que nous dit de ces derniers ne peut pas, en effet, s'appl complètement à l'exploitation des couches minces geant pas des transports de remblais, et les mo souterrains y seraient d'une application moins géné Sans doute, les perforatrices, les ventilateurs y rend les mêmes services que dans les couches puissantes; treuils auraient également l'avantage de permettre

ploitation en vallée, le fonçage de bures, le forage de trous de sonde, mais ils ne seraient plus utiles pour le service des plans inclinés, vu l'absence de remblais à transporter.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

En résumé, nous nous sommes efforcé, dans le présent mémoire, d'établir les points suivants :

De toutes les anciennes méthodes d'exploitation appliquées aux couches puissantes, *foudroyages*, *rabatages*, *méthode verticale*, *tranches inclinées*, *tranches horizontales*, les deux dernières seulement ont donné des résultats satisfaisants, et encore celle des tranches inclinées ne convient-elle qu'à un petit nombre de cas (couches d'une épaisseur inférieure à 4 ou 5 mètres et d'une inclinaison n'atteignant pas 40 ou 45 degrés).

C'est donc la tranche horizontale qui doit être considérée comme constituant la méthode générale de déhouillement des couches puissantes.

Nous avons montré que cette dernière méthode avait subi, depuis quelques années, d'importantes transformations, tenant d'une part à ce qu'on était arrivé à combattre efficacement les feux souterrains, d'autre part, à ce qu'il avait été fait largement usage des moteurs intérieurs.

Nous avons signalé les améliorations qui pouvaient encore être introduites dans la plupart des houillères, au point de vue de la disposition générale des travaux.

Nous avons exposé que le rôle des moteurs souterrains semblait devoir être encore plus important dans l'avenir, et qu'on était en droit d'attendre de nouveaux progrès ; enfin, nous avons cherché à établir que les houillères ayant une extraction importante, assurée pendant une

période assez longue, avaient intérêt à faire les dépen[ses]
d'installation des appareils à air comprimé.

Châlon-sur-Saône, 23 février 1891.

EXPLICATION DES PLANCHES VII, VIII ET IX

Planche VII.

Fig. 1. — Coupe par les puits Maugrand et Jules Chagot des mines de Bla[nzy].

Fig. 2. — Coupe par les puits Sainte-Barbe et Saint-Paul des mines [du] Creusot.

Fig. 3. — Coupe par les puits de l'Ouche et Hottinguer des mines d'Ép[inac].

Fig. 4. — Panneau exploité par foudroyage aux mines de Blanzy.

Fig. 5. — Chantier disposé en gradins renversés dans la méthode par fou[-]droyage.

Fig. 6. — Disposition théorique d'un chantier par rabatages.

Fig. 7-8. — Coupe et plan représentant un quartier exploité par rabatages aux mines de Blanzy.

Fig. 9-10. — Coupe représentant un chantier de rabatages à diverses périodes d'avancement.

Fig. 11-12. — Coupe longitudinale et coupe transversale d'un massif exploité par la méthode verticale (mines de Firmy).

Fig. 13. — Plan schématique d'un panneau exploité par tranches inclinées et comportant seulement deux tranches simultanées.

Fig. 14. — Plan représentant le mode d'exploitation de la couche n° 13 [du] puits Sainte-Marie.

Planche VIII.

Fig. 1-2. — Coupe longitudinale et coupe transversale d'un panneau exploité par tranches inclinées (district de Lucy des mines de Blanzy).

3-4. — Coupe transversale et projection horizontale d'un pilier long exploité par tranches inclinées simultanées.

. 5-6. — Coupe transversale et projection horizontale d'un pilier long avec attaque d'une seule tranche à la fois.

. 7. — Plan représentant les travaux d'exploitation d'une couche mince au puits Saint-Pierre des mines de Blanzy (travaux concentrés sur un pilier long de faible largeur).

. 8-9. — Plan et projection des travaux d'exploitation de l'étage de 260-286 du puits Saint-Paul (Creusot).

Planche IX.

g. 1. — Plan représentant le mode d'exploitation par tranches horizontales simultanées dans le district de Lucy.

g. 2. — Plan représentant le mode d'exploitation par tranches horizontales de la couche n° 2 du puits Saint-François.

g. 3. — Croquis représentant deux tailles marchant en sens contraire à partir d'une recoupe médiane.

g. 4. — Croquis montrant les cassures à l'aplomb de la ligne de contact des remblais et du massif de charbon.

g. 5. — Plan représentant des tailles disposées en gradins.

g. 6. — Croquis figurant les variations d'étendue des tranches horizontales dans une couche accidentée.

TABLE DES MATIÈRES.

Préliminaires. . . . .
Méthodes d'exploitation appliquées aux couches puissantes . . . .

CHAPITRE I.

ALLURES GÉNÉRALES DES PRINCIPAUX GÎTES DE SAÔNE-ET-LOIRE.

1° Mines de Blanzy. . . . .
2° Mines du Creusot . . . .
3° Mines d'Epinac . . . .
4° Mines de La Chapelle-sous-Dun. . . . .

CHAPITRE II.

MÉTHODES ABANDONNÉES.

§ 1. *Méthode par foudroyage*. . . . .

Considérations générales. . . . .
Mode d'application de la méthode à Blanzy. . . . .
Examen critique de la méthode. . . . .
Abandon de la méthode. . . . .

§ 2. *Méthode par rabatages*. . . . .

Considérations générales. . . . .
Principe de la méthode. . . . .
Difficultés rencontrées dans l'application. . . . .
Mode d'application à Blanzy . . . .
Résultats défavorables obtenus à Blanzy. . . . .

§ 3. *Méthode verticale* . . . .

Considérations générales . . . .
Mode d'application à Firmy. . . . .
Résultats fournis par l'application . . . .
Abandon de la méthode; son application limitée à quelques cas spéciaux . . . .

CHAPITRE III.

MÉTHODES ACTUELLEMENT EMPLOYÉES.

Pages

Méthodes de tranches inclinées 272

- **Considérations générales** 272
- **Tailles chassantes et tailles montantes** 273
- **Tailles chassantes : dispositions spéciales qu'elles motivent** . . . 274
- **Cas d'une couche de 4 à 5 mètres d'épaisseur** 277
- Cas d'une couche dépassant 4 ou 5 mètres.
  - Plusieurs solutions 278
  - Solution adoptée aux mines de Blanzy 278
  - Solutions adoptées à Montrambert, Epinac, etc.
    - Premier mode. — Attaque de plusieurs tranches simultanées. . 282
    - Deuxième mode. — Attaque d'une seule tranche à la fois 284
    - Application du deuxième mode à une couche mince à Blanzy . . 286
- Tailles montantes.
  - Mines de Blanzy 287
  - Mines de La Chapelle-sous-Dun. 288
- Examen critique de la méthode.
  - Avantages 289
  - Inconvénients 289
- **Résumé sur la méthode des tranches inclinées** 292

Méthode par tranches horizontales 294

- **Considérations générales** 294
- **Premier mode d'application au Creusot** 294
- **Perfectionnements apportés au Creusot dans l'application de la méthode** 296
- Premier mode d'application aux mines de Blanzy
  - District du puits Saint-François. 298
  - District de Lucy 298
- Modifications introduites dans les mines de Blanzy.
  - Mesures prises à l'égard des incendies 300
  - Simultanéité des opérations de l'abatage et du remblayage . . 301
  - Emploi des moteurs à air comprimé. 302
- Nouvelles dispositions adoptées à Blanzy dans l'application de la méthode.
  - District du puits Sainte-Marie. . 306
  - District du puits Saint-François. 309
  - Mode de conduite des chantiers de dépilage 310
- Examen critique de la méthode.
  - Avantages 313
  - Inconvénients 317

Résumé et conclusions sur les méthodes par tranches inclinées et par tranches horizontales 319

CHAPITRE IV.

PERFECTIONNEMENTS QUE COMPORTE L'EXPLOITATION DES COUCHES MI[...]

Considérations générales. . . . .

§ 1. *Houillères bien outillées*. . . . .

Insuffisance des travaux de reconnaissance . . . .
Extension fréquente de l'emploi des ventilateurs souterrains.
Progrès à espérer dans les applications des moteurs souterrains

§ 2. *Houillères insuffisamment outillées* . . . .

Considérations générales . . . .
Méthode d'exploitation . . . .
Installation de ventilateurs à la surface . . . .
Opportunité de l'installation de moteurs souterrains. . . . . .
Coût de la production de l'air comprimé. . . . .
Classement en trois catégories des moteurs souterrains. . . .
Moteurs de la première catégorie . . . .
Moteurs de la deuxième catégorie. . . . .
Moteurs de la troisième catégorie. { Treuils. . . . . / Ventilateurs. . . . . . / Appareils divers. . . . .
Résumé sur les moteurs souterrains . . . .
Rôle des moteurs souterrains dans les couches minces. . .

Résumé général. . . . .

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

ÉDOUARD PHILLIPS

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

Par M. Ed. SAUVAGE, Ingénieur des mines, Professeur
à l'École nationale supérieure des mines.

Tous les amis de Phillips, tous ceux qui l'avaient vu prendre une part si active aux travaux de l'Exposition universelle, ont été tristement émus par la nouvelle imprévue de sa mort, dans les derniers jours de 1889. Les *Annales des mines* (*) ont rapporté les paroles prononcées sur sa tombe par M. Résal. Plusieurs notices ont été consacrées à la vie et aux travaux du regretté savant : l'une, par M. H. Léauté, a été présentée à la séance de l'Académie des sciences, le 17 novembre 1890 (**); une autre, par M. Ed. Collignon, a paru dans le *Bulletin de la Société d'encouragement* de janvier 1890. Cette seconde notice a été reproduite en tête du t. I du *Congrès de mécanique appliquée*. Les articles nécrologiques publiés dans la *Revue chronométrique* (Paris), par M. Saunier (janvier 1890, p. 9), dans le *Journal suisse d'horlogerie*, d'après M. Gaspari (avril 1890, p. 291), nous montrent combien l'industrie de

(*) 8e s., t. XVI, p. 532.
(**) Voir *Comptes rendus* et le *Génie civil* du 20 décembre 1890, p. 120.

l'horlogerie apprécie les travaux de Phillips. Une
sur l'œuvre du regretté savant doit trouver égale-
place dans les *Annales des mines*, qui ont reçu plus
de ses mémoires les plus importants.

La vie de Phillips a été consacrée tout entière à l'
et au travail : devenu son maître au sortir même de l'
fance, il commence sans hésitation et sans dé-
cette existence laborieuse avec une énergie, une
vérance qui ne devaient jamais l'abandonner : sa
mort peut interrompre le cours de ses travaux.
des études qui sont sa vie presque entière, nous
peu d'événements à rapporter ; son existence, si
remplie, s'écoula tranquille et douce. Comme les
heureux, souvent les hommes heureux n'ont pas d'his-
car leur bonheur est fait de la tendresse const-
leur famille, de l'amitié de tous ceux qui les appr-
de l'estime de tous ceux qui les connaissent et
de leur sagesse qui leur fait apprécier ces biens, les
précieux de tous, trop souvent dédaignés par les es-
inquiets.

Édouard Phillips naquit à Paris, le 21 mai 18
père, qui était Anglais, habitait Paris où il avait
une Française. Phillips eut le malheur de perdre
ses parents : à seize ans, il se trouvait orphelin avec
frère Charles. Ces deux jeunes gens, habitant Paris
ches, sous la direction de leur grand'mère seule,
laissèrent pas détourner des travaux sérieux, d
ainsi un louable exemple de raison et de caractère
trempé ; tous deux se préparèrent à l'École polytechnique.
Édouard, le plus jeune, laissa toutefois son aîné co-
rir seul, le premier, dans la crainte d'être reçu sans
Quoique Anglais, ils pouvaient à cette époque se pré-
ter à l'École polytechnique, où ils se firent natura-
français. Tous les deux sortirent dans les services
Édouard, classé second de sa promotion, comme

nieur des mines ; Charles, comme Ingénieur des ponts et chaussées.

Entré à l'École des mines à la fin de 1842, Éd. Phillips fut chargé, en 1846, du sous-arrondissement minéralogique de Carcassonne, et, dans la même année, nommé professeur de mécanique et d'exploitation des mines à l'École des mineurs de Saint-Étienne. En 1847, il eut le service des appareils à vapeur de la Seine ; en 1849, il se fit recevoir docteur ès sciences mathématiques ; puis il fut chargé du contrôle, pour l'État, du matériel et de l'exploitation technique du chemin de fer de l'Est et de quelques autres lignes ; mais il quitta bientôt les services administratifs. Pendant plusieurs années, à partir de 1852, il fut ingénieur du matériel du chemin de fer de l'Ouest, puis ingénieur en chef du matériel et de la voie du chemin de fer Grand-Central. Il reprit d'ailleurs bientôt les fonctions de professeur, qu'il avait exercées à ses débuts ; il enseigna la mécanique et la physique aux élèves de l'année préparatoire à l'École des mines, de 1852 à 1854. Plus tard, il fit les cours de mécanique qui devaient l'illustrer comme professeur, à l'École centrale de 1864 à 1875, à l'École polytechnique de 1866 à 1879, époque où il prit à l'École polytechnique les fonctions d'examinateur qu'il conserva jusqu'à sa mort. Il avait été nommé Ingénieur en chef des mines le 1er janvier 1867, et Inspecteur général le 16 novembre 1882.

Outre ses importantes fonctions de professeur, qui l'occupaient beaucoup, car il faisait à la fois deux cours considérables, qu'il tenait à modifier chaque année, il prit part, depuis son retour à Paris, à de nombreuses commissions, telles que la commission centrale des machines à vapeur, le comité de l'exploitation technique des chemins de fer, la commission du mètre, les jurys des expositions universelles, etc. En 1868, il fut élu comme successeur de Foucault, à l'Académie des sciences, après

avoir été déjà présenté par la section de mécanique comme successeur de Cauchy, en 1858, et de Clapeyron, en 1865.

Sa vie privée était simple et consacrée à sa famille et à ses amis intimes. Il travaillait à ses grands mémoires, le matin, surtout de bonne heure. Il rédigeait ces mémoires dans un temps relativement court, parce qu'il y réfléchissait souvent, même au milieu du monde: toutefois ses travaux ne l'empêchaient nullement de prendre volontiers part à la gaieté de ceux qui l'entouraient.

Son aménité et sa bienveillance le faisaient aimer de tous ceux qui l'approchaient; comme professeur, comme examinateur, il avait également conquis l'affection de ses élèves, qui appréciaient la lucidité de ses cours, la peine qu'il prenait pour les perfectioner sans cesse, son équité et la douceur avec laquelle il conduisait ses interrogations.

L'année de l'Exposition fut extrêmement fatigante pour lui : à ses examens de l'École polytechnique, s'ajoutèrent les séances des jurys, les congrès auxquels il prit une part des plus actives en qualité de président; il ne put que fort tard aller prendre un peu de repos dans sa terre de Narmont, où il devait succomber, le 14 décembre 1889, aux atteintes d'un mal presque foudroyant, causé en partie peut-être, par ses excessives fatigues.

Si nous citons enfin les grands événements de sa vie, son mariage, la naissance de ses trois enfants, la perte cruelle de l'un d'eux, son seul fils, âgé de huit ans, nous aurons, en quelques lignes, terminé la biographie si simple de Phillips. Mais l'examen de ses travaux nous arrêtera plus longtemps, si sommaire qu'il soit; car peu d'hommes ont eu pour le travail la même ardeur et la même facilité.

Le premier travail d'Édouard Phillips, alors élève ingénieur, publié dans les *Annales des mines* en 1845, a

pour titre : Mémoire sur le gisement, l'exploitation, la préparation mécanique et le traitement métallurgique des minerais de plomb de Bleiberg, en Carinthie ; c'est un bon mémoire d'élève, où les divers points mentionnés au titre sont examinés avec méthode. Le calcul des moments pour une machine d'extraction à tambours coniques, desservant un plan incliné (p. 261), montre l'intérêt que prenait déjà l'auteur du mémoire aux questions de mécanique. Une machine à colonne d'eau, actionnant des pompes, est aussi l'objet d'une étude attentive (p. 267).

Les deux travaux publiés ensuite par Phillips dans les *Annales* rapportent des expériences entreprises de concert avec son ami et camarade d'école Rivot : Phillips avait en effet d'abord suivi Rivot dans l'étude de la chimie et de la métallurgie. L'un de ces travaux (*Annales des mines*, 4e s., t. XIII, p. 251) a pour objet la description d'un nouveau procédé de traitement métallurgique des minerais de cuivre ; après quelques essais infructueux pour décomposer le sulfate de cuivre en fusion par le courant de piles Bunsen, les auteurs avaient réussi à le réduire au réverbère après grillage, par le fer. Ce travail a été analysé par Pelouze (*), qui déclare que ces recherches, longues et difficiles, ont exigé de leurs auteurs autant d'habileté que de persévérance. L'autre travail (4e s., t. XIV, p. 57) fait connaître la conductibilité électrique de diverses roches à de hautes températures. A Saint-Étienne, il avait exécuté de délicates analyses d'acier (**).

Ces mémoires, ainsi que tous ses travaux jusqu'à l'année 1864, ont été analysés dans une brochure sur ses *titres scientifiques*, publiée chez Gauthier-Villars.

Citons encore quelques travaux secondaires de Phillips qui remontent à la même époque : un rapport à la com-

(*) *Comptes rendus de l'Acad. des sciences*, 1847, 2e sem., p. 739.
(**) *Annales*, 4e s., t. XIV, p. 324.

mission centrale des machines à vapeur (*) conte relation de quelques expériences entreprises pour « si les tôles de chaudières peuvent se surchauffer dant les arrêts des machines, et produire une vapeur dangereuse lors de la remise en marche ». C'est des formes bizarres de la théorie de la vaporisation et dangereuse par suite du contact de l'eau avec tôles chaudes. On a répété bien des fois depuis les l'alimentation d'une chaudière, dont les tôles par suite du manque d'eau, pouvait produire une explo pour cette raison. Le raisonnement indiquait cep que la quantité de chaleur que pouvaient céder à les tôles échauffées était faible ; de récentes expérien l'association de propriétaires d'appareils à vapeur chester, ont montré que, contrairement aux théo ciennes, l'alimentation sur les tôles rouges abaisse général la pression, loin de l'exagérer, si bien qu'il peut-être utile, lorsqu'une chaudière se trouve dans état dangereux, d'y faire entrer autant d'eau froide possible pendant qu'on jette les feux.

En qualité de secrétaire-adjoint, Philipps à pr grande part aux travaux de la commission centrale machines à vapeur : nous trouvons un de ses rapports une soupape Lemonnier et Vallée, dans les *Annales Mines* (**).

Dans les *Comptes rendus* de 1851 (***), il décrit pareil de jauge installé à la gare de Chartres, et co tant en un jeu de deux soupapes, l'une d'admission l'autre de décharge, manœuvrées alternativement de nière à remplir et à vider une cuve de capacité déter née.

(*) *Annales*, 4e s., t. XVII, p. 131.
(**) 5e s., t. I, p. 337.
(***) 2e sem., p. 244.

Un rapport fait à la Société d'encouragement (*) par Callon, déclare cet appareil ingénieusement combiné ; il est très exact, sans demander de surveillance, et « fonctionne presque comme un instrument de précision ».

Le premier travail important de Phillips touchant la mécanique appliquée a été présenté à l'Académie en 1850 (**). C'est son important ouvrage sur les *Ressorts en acier employés dans le matériel des chemins de fer*. Il est divisé en trois chapitres, traitant de la théorie mathématique des ressorts, des formes les plus convenables à leur donner et des règles pour les calculer; et d'expériences sur l'élasticité de l'acier. En outre, pour rendre plus facile l'emploi dans les bureaux d'études de ses formules théoriques, Phillips a publié un Manuel pratique, rédigé sous sa direction par M. Bournique, chef du matériel roulant du chemin de fer de l'Ouest (***). Ce manuel est encore aujourd'hui d'un usage fréquent.

Les ressorts étudiés dans cet ouvrage sont ceux composés de lames, seuls en usage à cette époque pour la suspension des véhicules et pour leurs appareils de choc et de traction. Nous voyons dans le rapport fort détaillé de Combes à l'Académie (****), sur le mémoire de Phillips qu'il n'existait alors qu'un seul travail théorique sur la question, limitée au cas des feuilles d'égale épaisseur, et établi d'après des formules de Clapeyron. En donnant la théorie complète du ressort à lames, en étudiant l'effet de toutes les dispositions qu'on peut lui donner, Phillips a rendu un grand service à la science et aux constructeurs du matériel des chemins de fer.

Les résultats de la théorie de Philipps, ainsi qu'il le dit

(*) *Bulletin* de mars 1852.

(**) *Comptes rendus*, t. XXXI, p. 12, extrait par l'auteur; *Annales des mines*, 5e s., t. I, p. 195.

(***) Paris, Carilian Gœury, 1852.

(****) *Comptes rendus*, t. XXXIV, p. 226.

dans son mémoire, ont été vérifiés dans les cas les plus divers, par des expériences directes, avec un degré de précision extrême, et qui paraît indiquer dans l'acier un état d'élasticité bien plus parfait que dans le fer ou dans la fonte.

Il indique d'abord les deux qualités d'un ressort:

La première est la flexibilité, c'est-à-dire la flexion ou diminution de flèche que le ressort éprouve sous un effort déterminé. La raideur est la propriété inverse.

La seconde est la résistance propre du ressort, c'est-à-dire la plus grande charge ou le plus grand choc que celui-ci puisse supporter sans que son élasticité en soit altérée.

La flexibilité et la résistance que doivent avoir un ressort étant imposées, comment doit-on construire ce ressort? Le problème ainsi posé admet une infinité de solutions; il faut, d'ailleurs, que la fatigue maxima de l'acier composant le ressort ne dépasse pas un nombre déterminé de kilogrammes par mètre cube. Parmi tous les ressorts possédant les propriétés demandées, on choisira celui qui exige le moins de matière, dont le poids est minimum.

La théorie du ressort est déduite par Phillips des lois simples de l'élasticité : il admet qu'une feuille de ressort se comporte comme une lame prismatique, c'est-à-dire qu'au milieu de son épaisseur se trouve un cylindre qui serait le lieu géométrique des fibres neutres, lesquelles ne seraient ni allongées ni raccourcies par un effort transversal tendant à faire fléchir la lame, et par rapport auquel les fibres qui sont d'un côté seraient allongées et celles de l'autre raccourcies ; de plus, que les allongements et raccourcissements se font sans que les fibres glissent les unes sur les autres.

Cette hypothèse, universellement admise, permet le calcul du rayon de courbure en un point quelconque d'une

ressort sous charge, en considérant successivement les positions de chaque lame dépassant les lames suivantes plus courtes.

La variation de la courbure de chaque lame produite par la charge étant connue, on en déduit immédiatement l'expression des allongements et raccourcissements proportionnels en un point quelconque d'un ressort sous charge. Phillips calcule ensuite la pression et le frottement qui ont lieu entre les lames d'un ressort.

Un point important est l'étude des oscillations du ressort : Phillips démontre que le temps d'une oscillation est le même que pour un pendule dont la longueur serait égale à la flexion du ressort supposé en équilibre sous sa charge ; il donne aussi la formule de l'amplitude de l'oscillation, qui est d'autant plus grande que le ressort est plus chargé. De deux ressorts oscillants sous une même charge, celui qui est le plus flexible oscille plus lentement et l'amplitude de ses excursions est plus grande.

Enfin pour les ressorts de choc, Phillips établit que si FH est le travail moteur servant de mesure au choc produisant une flexion i, une charge $\frac{2FH}{i}$ posée sur le ressort produirait la même flexion.

Les savants calculs de Philipps l'amènent à poser toutes les règles à suivre pour la construction d'un ressort.

Les flexions sont à très peu près proportionnelles aux charges, et la nature de la courbe de fabrication n'a aucune influence sur la flexion ; elle n'a qu'une influence peu sensible et négligeable sur les allongements ou raccourcissements proportionnels. Il est donc naturel de choisir la forme la plus simple, en arc de cercle.

Le ressort doit être construit de manière à pouvoir être complètement aplati sans que la limite d'élasticité de l'acier soit dépassée : on prend souvent pour cette

charge d'aplatissement le double de la charge
du ressort.

Pour que les allongements proportionnels
mêmes dans toutes les feuilles du ressort aplati,
que l'épaisseur de chaque feuille soit égale à son
de fabrication multiplié par deux fois l'allongement
portionnel maximum : en d'autres termes, les épa
des feuilles doivent être proportionnelles à leurs
de fabrication. Comme il est commode de prendre
feuilles toutes de même épaisseur, cette règle
les cintrer toutes suivant le même rayon ; mais pour
sembler les feuilles au contact, il faut alors les
par leur milieu et leur donner ainsi une certaine
avant l'application de toute charge.

Ajoutons toutefois que, pour les ressorts de
longueur, on dépasse souvent l'aplatissement
sous la charge d'épreuve ; le ressort se plie alors
inverse. Certains ressorts sont même construits
lames rectilignes lorsqu'elles ne supportent
charge.

L'étagement d'une feuille, ou quantité dont elle
dépasser à chaque extrémité la feuille contiguë,
proximativement $\frac{M}{Pr}$, M étant le moment d'élasticité
la feuille, r le rayon de fabrication, 2P la force
saire pour l'aplatissement.

Enfin si l'on veut répartir avec une régularité
les efforts dans les lames d'acier, les extrémités
des lames doivent être amincies suivant une certaine
l'ordonnée verticale en un point quelconque d'un
aminci variera comme la racine cubique de la distance
de ce point à l'extrémité (la plus voisine) de la feuille
amincie.

Phillips étudie toutes les dispositions qu'on peut donner
aux ressorts, en employant des feuilles d'épaisseur

ou inégale, en leur donnant à chacune une courbure primitive suivant un même rayon, suivant un rayon proportionnel à leur épaisseur quand celle-ci varie, suivant un rayon qui croît, d'une lame à la suivante, de l'épaisseur de la lame. On peut donner aussi à une ou plusieurs feuilles extrêmes une épaisseur beaucoup plus forte qu'aux autres et les disposer de manière qu'elles n'entrent en action que lors des grandes flexions : c'est le ressort à auxiliaire, imaginé par Phillips, l'auxiliaire étant en somme un second ressort de secours, qui n'entre en jeu que lors des flexions anormales et qui a une bien moindre flexibilité. Ce type de ressort a reçu des applications assez étendues.

Phillips déduit de ses formules une propriété intéressante des ressorts ayant même flexibilité et même résistance absolue ; s'ils sont construits avec des feuilles de même épaisseur, ils ont tous le même volume ; ce volume serait plus grand si l'épaisseur des feuilles décroissait du haut en bas du ressort.

L'étude des ressorts a naturellement conduit Phillips à l'examen et à la détermination expérimentale des propriétés élastiques du métal qui les compose. L'acier trempé qui sert à la confection des ressorts est remarquable par les grands allongements qu'il peut prendre sans déformation permanente ; les aciers essayés par Phillips (*) s'allongent de 4 à 5 millimètres par mètre, sans dépasser la limite d'élasticité, et atteignent 6 ou 8 millimètres, en ne conservant qu'une faible déformation permanente. Les aciers supérieurs aujourd'hui employés donnent couramment des allongements élastiques de 6 millimètres : on les fait travailler normalement avec une extension et une compression de 3 millimètres.

Quant à l'effort que supporte la fibre ainsi allongée, il

(*) *Comptes rendus*, 1851, 1er sem., p. 539.

dépend du coefficient d'élasticité, qui est moyennement à 20.000 kilogrammes par millimètre carré. La fibre allongée de 6 millimètres par mètre supporte alors 120 kilogrammes par millimètre carré. Si le coefficient d'élasticité est plus élevé, l'effort est plus grand encore : Phillips rapporte des expériences où l'acier supportait, sans rupture, 190 kilogrammes par millimètre carré.

La question des ressorts l'a encore occupé quelques années plus tard : les *Comptes rendus* de 1858 (*) contiennent une note sur le travail des forces élastiques à l'intérieur des corps solides et particulièrement des ressorts. Dans les *Comptes rendus* de 1857 (**) il n'a pas à peine à démontrer l'impossibilité de munir les trains de chemins de fer, à l'avant et à l'arrière, de ressorts suffisants pour éviter les chocs destructeurs en cas de collision. Par contre, les heurtoirs des gares, qu'on n'aborde guère qu'à vitesse fort réduite, peuvent porter des ressorts suffisants pour amortir la force vive des véhicules.

On paraît toutefois avoir obtenu de meilleurs effets par l'emploi de freins hydrauliques, montés sur des pistons à longue course, qui ont l'avantage de ne pas renvoyer en arrière le train qui les heurte.

Une année à peine après le grand travail sur les ressorts paraît l'étude de la coulisse de Stephenson (***). C'est en 1842 qu'avait été construit le premier de ces appareils qui remplaçait les anciens mécanismes à barres indépendantes, et qui fut, dit Couche après Clarke, un trait de génie. Non seulement la coulisse donnait un moyen facile et sûr de changer le sens de la marche en faisant conduire le tiroir par l'une ou l'autre barre d'excentrique, mais en outre, placée dans ses positions intermédiaires de relevage, elle déterminait une série de distributions à

(*) 1er sem., p. 333 et 440.
(**) 2e sem., p. 624.
(***) *Annales des mines*, 5e s., t. III, p. 1.

tinctes avec degrés différents de détente. Aussi Phillips peut dire, en 1853, que la coulisse de Stephenson est un appareil d'un emploi presque universel dans les machines locomotives, et qui est d'un usage fréquent dans les machines de bateau et dans les machines fixes. Plusieurs types de coulisses ont été imaginés à la suite de celle de Stephenson, notamment les dispositions bien connues de Gooch (coulisse retournée) et d'Allan (coulisse droite). Plus récemment, des mécanismes divers ont été inventés en grand nombre pour les machines à tiroir et changement de marche. Mais la coulisse primitive n'en continue pas moins à être fréquemment appliquée et son fonctionnement est aussi satisfaisant que celui des autres systèmes.

Un mécanisme aussi important méritait un examen approfondi : on ne pouvait se contenter, ni pour l'étude théorique, ni pour l'étude pratique de la distribution des machines, de tâtonnements exécutés sans règle sur des épures compliquées ou à l'aide de modèles ; il était nécessaire d'établir les lois du fonctionnement du système et l'influence de ses divers éléments. La théorie de la distribution par coulisse est bien plus compliquée qu'on ne le croirait en considérant la simplicité et le petit nombre de pièces qui la composent ; dans cette théorie on ne détermine pas même les lois rigoureuses du mouvement, mais on procède par approximation : savoir ce qu'on peut négliger sans inconvénient, estimer les degrés d'approximation, ne sont pas l'une des moindres difficultés du problème si bien résolu par Phillips.

Rappelons d'abord de quoi se compose le système : deux excentriques, définis par leur rayon et leur angle de calage (angle du rayon d'excentrique et de la perpendiculaire à la manivelle motrice), commandent chacun une bielle ou barre ; les deux barres s'articulent aux deux extrémités d'une coulisse en arc de cercle, dont la conca-

vité regarde les excentriques. La coulisse est suspen par une bielle qui s'attache, soit en son milieu, soi l'une de ses extrémités, à un point que le conducteur la machine déplace pour obtenir le changement de m che et les différentes détentes : ce point fixe variable l'extrémité d'un levier calé sur l'arbre de relevage. coulisse entraîne un point de la tige du tiroir, astre se mouvoir sur une ligne droite parallèle à l'axe du lindre moteur et qui rencontre l'axe de l'arbre de la chine (ou parfois guidé suivant un arc de cercle de g rayon). Les barres sont dites croisées si elles se cro effectivement quand le piston est à son point mort le voisin de l'arbre, et droites dans le cas contraire.

Phillips établit d'abord, d'une manière fort simple, le centre instantané de rotation de la coulisse dans position quelconque, se trouve à l'intersection de la de suspension avec la droite déterminée par le centre l'arbre et l'intersection des deux barres. Il exprime fonction de la rotation correspondante de l'arbre, l'a infiniment petit de la rotation autour de ce centre. considération de ce centre permet de tracer facile l'épure des déplacements de la coulisse pour un tour l'arbre, en prenant une série de positions voisines.

Passant ensuite à l'examen des avances linéaires tiroir (l'avance linéaire est la longueur de l'ouverture la lumière déjà produite par le tiroir au moment où piston arrive à fond de course), Phillips établit que vance linéaire augmente à mesure qu'on dispose la co lisse pour détendre davantage, si les barres sont droites l'inverse a lieu quand les barres sont croisées : c'est importante propriété du système. L'égalité des avance linéaires pour la distribution sur les deux faces du piston dans toutes les positions de l'arbre de relevage, déter mine le rayon de la coulisse, qui doit être égal à la lon gueur des barres.

Arrivant à la théorie mathématique de la coulisse, Phillips calcule par approximation l'angle que fait à chaque instant la corde de la coulisse avec la perpendiculaire à l'axe de la tige du tiroir, en intégrant une équation différentielle obtenue par la considération des centres instantanés.

De la connaissance de cet angle, il déduit la formule approximative du déplacement du tiroir par rapport à une position moyenne, qui est la même quelle que soit la situation où l'arbre de relevage est arrêté (autre propriété importante qui se trouve démontrée) : la formule de ce déplacement est une fonction linéaire du sinus et du cosinus de l'angle dont on a tourné la manivelle motrice depuis son point mort ; elle permet de calculer l'angle de rotation répondant à une position donnée du tiroir, et par suite à toutes les phases de la distribution. De cette formule on déduit simplement que le mouvement du tiroir est toujours celui que lui donnerait un certain excentrique fictif, dont on connait le rayon et l'angle d'avance. La substitution de l'excentrique fictif rend bien plus claire l'étude de la distribution : la formule de Phillips y conduit immédiatement, bien qu'il n'indique pas cette déduction simple. Il calcule, d'après les formules établies, les valeurs des angles de rotation correspondant aux diverses périodes de la distribution, en comparant les barres droites et croisées, tout étant égal d'ailleurs : le rayon de l'excentrique fictif est moindre pour chaque cas avec les barres croisée ; l'angle de calage est moindre aussi. Il en résulte qu'avec les barres croisées, le tiroir passe plus tard aux positions qui terminent l'admission (sauf lorsqu'on s'approche trop du point mort de la coulisse), la détente et l'échappement : l'admission est donc plus longue, l'échappement anticipé et la compression commencent plus tard.

Le cas où les angles d'avance des deux excentriques

sont différents est ensuite examiné : il se ramène
des avances égales en supposant la manivelle motrice
placée de la demi-différence. Ce procédé a quelque
été employé pour réduire un peu la durée de l'admission
aux divers crans de la marche en avant, en sacrifiant
marche en arrière.

Le mémoire se termine par plusieurs applications
formules à des distributions construites, choisies
exemples : on voit que les écarts des quantités
et directement mesurées sont minimes. Les calculs
détaillés avec assez de soin pour qu'on puisse appliquer
la méthode sans difficulté à l'étude pratique d'une
bution. Il est en effet important, dans une question
ce genre, de rendre possible l'emploi des formules à
ceux qui n'ont pas le temps ni le moyen de suivre
déductions théoriques.

Après Phillips, la coulisse de Stephenson a été
diée par plusieurs savants et ingénieurs, notamment
Weissbach, Zech, Redtenbacher, Zeuner. La théorie
Zeuner est la plus connue : le calcul du sinus de l'
(angle de la coulisse avec la perpendiculaire à l'
la tige du tiroir) se fait sans passer par une équation
férentielle, et il est tenu compte de quelques termes
condaires négligés dans la méthode de Phillips.

Zeuner a spécialement recherché la position la
favorable de l'arbre de relevage, tandis que Phillips
tait contenté d'indiquer le peu d'influence de la suspension
sion sur le tiroir, pourvu qu'elle satisfît à certaines
ditions simples. En pratique, on se contente de
aperçu ; il n'est guère possible de disposer la suspension
suivant les règles théoriques déterminées par Zeuner.
En somme, le point important est d'abord de démontrer
que le mouvement du tiroir est très voisin de celui
lui donnerait un certain excentrique fictif, avec position
médiane commune pour tous les crans de marche.

question pratique est alors la détermination des centres de ces excentriques fictifs. Rappelons ici la méthode si simple de M. Guinotte, exposée dans les *Annales* par M. Herdner (*) : le centre de l'excentrique fictif divise la droite qui joint les centres des excentriques réels comme le point qui conduit le tiroir divise la coulisse. Cette méthode est précieuse pour se former une idée rapide d'une distribution. On peut tracer promptement, avec plus d'exactitude, le lieu des centres des excentriques fictifs, en menant un arc de cercle par les centres des excentriques réels et par le centre de l'excentrique fictif correspondant à la marche au point mort de la coulisse, facile à déterminer par la considération des avances linéaires.

Après ces simples tâtonnements, le tracé exact à l'aide d'un modèle permet d'arrêter sans incertitude tous les éléments de la distribution. Les formules que nous venons de rappeler se trouvent ainsi de peu d'emploi aujourd'hui, mais cela ne diminue pas leur valeur. C'est grâce aux travaux qui ont fait connaître la valeur des divers éléments de la coulisse de Stephenson, et permis d'en construire un si grand nombre dans d'excellentes conditions, que le problème est aujourd'hui rendu si facile.

Le mémoire de Phillips sur la coulisse de Stephenson a été l'objet d'un rapport de Morin à l'Académie, publié dans les *Comptes rendus* (**): Morin signale la grande sagacité de l'auteur dans l'application du calcul à la mécanique, déjà prouvée par de précédents travaux, et constate qu'il a fait faire de nouveaux progrès à l'étude si complexe des effets de la distribution de la vapeur.

Dans une seconde édition de son travail, Phillips ajouta quelques faits nouveaux, notamment une méthode gra-

---

(*) 7e s., t. XII, p. 5.
(**) T. XXXVI, p. 321.

phique pour fixer très simplement toutes les circons-ces de la distribution ; mais là il se rencontra avec Zeu-ner, qui était arrivé de son côté, et le premier, à ce ré-sultat, ainsi que Phillips le déclare lui-même. De son côté, Zeuner donnait comme point de départ de ses pro-pres recherches le premier mémoire de Phillips (**). La courtoisie et cette aménité devraient toujours régner entre les savants qui s'occupent des mêmes questions, car il est impossible que leurs travaux ne se touchent pas par quelques points, et que certaines découvertes ne soient pas pour ainsi dire simultanées : quelques conces-sions réciproques éviteraient ces discussions si pénibles qu'on a vues quelquefois naître entre hommes de grand mérite, voués à la recherche de la vérité.

Phillips a étudié aussi la coulisse retournée et il a fixé les lois de son mouvement et ses principales propriétés.

En 1855, paraît le troisième grand travail de Phillips consacré au calcul de la résistance des poutres droites telles que les ponts, les rails, etc., sous l'action d'une charge en mouvement (***). Il établit que le mouvement de la charge change d'une manière très notable les condi-tions du problème de l'équilibre et de la forme de la poutre à un instant quelconque. Deux chapitres distincts traitent les deux cas principaux du problème : le premier relatif aux poutres encastrées par leurs deux extrémités, telles qu'un grand nombre de ponts, les rails, etc. ; le deuxième se rapportant aux poutres reposant librement à leurs deux bouts, sur des appuis. La charge est suppo-sée concentrée en un point unique.

Phillips développe avec un talent remarquable les cal-culs longs et compliqués auxquels il est conduit et ar-rive aux formules cherchées. Ces formules se simplifient

(*) Voir *Comptes rendus*, 1860, 2e sem., p. 935.
(**) *Comptes rendus*, 1857, 2e sem., p. 861.
(***) *Annales*, 5e s., t. VII, p. 467.

dans l'application, parce que l'on peut négliger l'effet des réactions déterminées par l'inertie de la poutre. Le plus fort allongement se produit au moment où la charge passe au milieu de la longueur. Par exemple, sur un certain rail posé sur deux appuis, l'allongement statique est augmenté d'un tiers sous l'action d'une charge de 6.000 kilogrammes animée d'une vitesse de 20 mètres. Quand ce même rail est encastré, il faut une vitesse de 30 mètres par seconde pour produire le même surcroît de fatigue.

Dans les ponts, on voit dans les deux cas que l'accroissement de l'allongement maximum, comparé à cet allongement et dû au mouvement, est généralement assez faible pour pouvoir être négligé. C'est ce que l'expérience confirme. Le rapport de cet accroissement est, toutes choses égales d'ailleurs, proportionnel à la charge, à l'écartement des points d'appui et au carré de la vitesse, et en raison inverse du moment d'élasticité. Ces résultats sont d'accord avec ce que l'expérience avait fait soupçonner quant à la part d'influence des divers éléments.

Combes, dans son rapport sur ce travail, inséré dans les *Comptes rendus* (*), déclare que « le sujet traité par Phillips est d'une grande importance pour le calcul des dimensions des pièces qui entrent dans un grand nombre de constructions modernes. Les solutions qu'il a données sont nouvelles et déduites d'une analyse élégante et correcte. »

Philipps a ajouté quelques indications complémentaires sur le même sujet dans les Comptes rendus de 1858 (**).

Nous arrivons maintenant à l'une des parties capitales de l'œuvre de Philipps, donnée quelques années plus

---

(*) 1856, 1er sem., p. 325.
(**) 1er sem., p. 30; 1864, 2e sem., p. 658; 1866, 2e sem., p. 915; 1867, 2e sem., p. 609 et 674.

tard, en 1859. C'est un nouveau travail fondé sur les théories de l'élasticité, l'étude théorique du spiral réglant des chronomètres et des montres (*).

Ce mémoire, dont l'idée vint à Phillips à la suite de conversations avec l'horloger Jacob, en 1858, devait causer une véritable révolution dans l'art de la chronométrie, en substituant une méthode scientifique féconde à d'étroite règles empiriques et à l'imitation servile des tracés obtenus par les maîtres à la suite de longs tâtonnements. Pour son auteur, c'était le point de départ d'une série de savantes études sur tous les détails de la question, études que la mort seule est venue interrompre.

Dans les appareils portatifs qui servent à mesurer le temps, le mouvement est régularisé par un balancier oscillant autour de son axe et relié à un ressort spiral. Le ressort spiral, inventé par Huyghens en 1674, se compose d'un fil en acier ou parfois en autre métal fort mince, dont une extrémité est encastrée dans un piton fixe et l'autre en un point du balancier ; il est ou plat, c'est-à-dire formant une spirale dans un plan, ou cylindrique, c'est-à-dire en forme d'hélice à spires très minces, placées sur un cylindre ayant pour axe l'axe du balancier, et terminé par deux courbes de raccordement se rapprochant de cet axe. Comme pour l'étude des ressorts, Phillips prend comme point de départ la théorie de la résistance des solides élastiques, d'après laquelle on admet l'existence d'un axe neutre central, et le changement de courbure des fibres sans glissement relatif par rapport les unes aux autres. Il détermine d'abord le moment du couple qu'il faudrait appliquer au balancier pour le main-

(*) Extrait dans les *Comptes rendus*, 1859, 1er sem., p. 984; *Annales*, 5e s., t. XX, p. 1; tirage en un volume spécial; *Mémoires* présentés à l'Académie des sciences, t. XVIII, p. 129; *Journal de mathématiques de Liouville*, 2e s., t. V, 1860; *Rapport* par Delaunay, *Comptes rendus*, 1860, 1er sem., p. 976.

tenir contre l'action du spiral après lui avoir fait décrire un angle déterminé à partir de sa position d'équilibre ; il en déduit le calcul de la durée d'une oscillation du balancier. Il recherche ensuite les conditions relatives de l'isochronisme ; pour le spiral cylindrique, l'isochronisme peut être atteint pour les grandes comme pour les petites oscillations, pourvu que le tracé des courbes extrêmes soit fait suivant certaines conditions déterminées par le calcul. Le centre de gravité d'un spiral satisfaisant à ces conditions se trouve sur l'axe même du balancier, le spiral n'exerce aucune pression contre cet axe.

Phillips donne ensuite une méthode pour trouver graphiquement les courbes extrêmes ; il étudie les allongements et raccourcissements proportionnels, l'effet de la température sur le spiral et le moyen de corriger l'influence de ses variations par un certain choix de courbes extrêmes. Il fait voir ensuite que le frottement du balancier ne change pas la durée d'une oscillation, pourvu que l'amplitude des oscillations soit assez grande et que le frottement soit suffisamment petit : la durée d'une demi-oscillation est diminuée par le frottement, tandis que celle de la demi-oscillation suivante est allongée.

Les résultats obtenus par Phillips sont exactement vérifiés par l'expérience ; ils sont d'accord avec les règles formulées par Berthoud en 1768, à la suite de tâtonnements et de raisonnements. Ces règles sont d'ailleurs non seulement vérifiées, mais très utilement complétées par Phillips, notamment par le tracé des courbes extrêmes qui permettent d'obtenir l'isochronisme.

Le mémoire est accompagné d'une série de planches donnant divers types de courbes du spiral, avec tableau de leurs éléments, et de la relation d'une série d'expériences faites à l'appui de la théorie.

Enfin une note annexe est consacrée à la démonstration d'un point théorique intéressant ; les principes sur

lesquels est fondée l'étude du spiral, et qui rentrent la théorie de l'axe neutre, sont non seulement d'ac avec l'expérience, mais avec la théorie mathématique l'élasticité. La loi de déformation exige bien que la neutre, c'est-à-dire la ligne dont la distance entre points infiniment rapprochés quelconques est inva passe par le centre de gravité de toutes les sec transversales.

En publiant un *Manuel pratique sur le spiral*, Ph facilita aux horlogers l'application de sa théorie.

En 1864, paraît un mémoire sur le réglage des chr mètres et des montres dans les positions vertica inclinées (*). Le réglage des appareils portatifs dan tes les positions est nécessaire; or, pour peu que le ce de gravité du balancier s'écarte le moins du mon l'axe géométrique autour duquel il oscille, son poid tervient dans certaines positions de l'appareil, et la des vibrations n'est plus due uniquement au spiral. effectuer le réglage, on procède par tâtonnem ajoutant ou retranchant du poids au balancier. La termination de la règle à suivre pour ces tâtonne était d'autant plus intéressante que la méthode consistant à enlever du poids au balancier du cô placé vers le bas, donne de l'avance, doit être ap en sens inverse quand l'amplitude de l'oscillation est grande.

Ce mémoire offre aux mathématiciens une applic du principe de la variation des constantes arbitr si fécond dans ses applications, principalement à la canique céleste, et d'un usage commode dès qu'il s d'évaluer de petites perturbations. L'expérience a, dans cas encore, vérifié exactement la théorie. Cette méth

(*) *Comptes rendus*, 1864, 1er sem., p. 287 et 363; *Annales* t, IX, p. 321.

de calcul, appliquée à la détermination des perturbations des planètes, avait été le programme d'une thèse d'astronomie soutenue par Phillips à la Faculté des sciences de Paris, le 22 mars 1849.

Recherchant les perturbations qui troublent l'isochronisme des spiraux construits suivant ses données, Phillips étudie, dans son mémoire à l'Académie du 31 août 1868 (*) l'influence que peuvent avoir les déformations des balanciers circulaires produites par la force centrifuge, lors des grandes amplitudes d'oscillations ; il en résulte un certain retard, qu'on corrigera en réduisant le rayon du balancier, ou en faisant usage de balanciers à lames rectilignes.

Il n'avait jusqu'alors étudié que certaines formes du spiral, les plus usitées : reprenant l'examen du spiral plat, qui n'avait de courbe théorique qu'à son extrémité extérieure, il conseille en 1871, au Locle, l'addition d'une seconde courbe théorique, intérieure, à son autre extrémité (**) ; dès 1872, six chronomètres établis avec ce spiral donnent d'excellents résultats : la variation du *plat au pendu* est réduite à moins d'une seconde par jour, et même à 0,02 seconde pour l'un d'eux, tandis qu'elle est en moyenne de 2 secondes pour les autres spiraux. Un intéressant tableau, joint au mémoire, indique la réduction successive de cette variation, constatée à l'observatoire de Neuchâtel, depuis l'année 1864, où l'on a commencé à suivre les tracés des courbes théoriques de Phillips. L'écart de 8 secondes en 1864, passe à deux secondes en 1872. Les *Comptes rendus* de 1871 (***) et de 1878 (****) donnent également des détails sur les observations faites à Neuchâtel.

(*) *Comptes rendus*, t. LXVII, p. 508.
(**) *Comptes rendus*, 1874, 1er sem., p. 667.
(***) 2e sem., p. 1069.
(****) 1er sem., p. 1479.

La théorie du spiral plat à seconde courbe théori[illegible] est donnée dans les *Comptes rendus* de 1878 (*).

D'autres recherches complètent l'œuvre déjà si impor[illegible] tant de Phillips : en 1871, M. Grossmann, directeur [illegible] l'école d'horlogerie du Locle, avait montré que les [illegible] courbes terminales d'un spiral peuvent être de types [illegible] férents (**). Phillips démontre ce résultat et le déduit [illegible] théorème général (***) ; toutes les fois que la forme [illegible] spiral est telle qu'il n'existe, pendant le mouvem[illegible] aucune pression contre l'axe du balancier, il arrive [illegible] pendant le mouvement, le centre de gravité de ce [illegible] est constamment sur l'axe du balancier.

Cherchant toujours à généraliser autant que pos[illegible] ses recherches, il étudie le spiral sphérique dans [illegible] *Comptes rendus de l'Académie* des 9 et 16 juin 18[illegible] 1881, la théorie est étendue au spiral conique et à [illegible] autres, dans un grand travail publié dans le *Journ[illegible]* *l'École polytechnique*, XLIXe cahier.

Un autre problème important se présente dans l'[illegible] de la marche des balanciers de chronomètres : ces [illegible] ciers sont formés de lames bimétalliques pour com[illegible] l'action des variations de température ; mais la co[illegible] sation n'est pas parfaite ; on obtient bien l'éga[illegible] marche pour deux températures extrêmes, mais on [illegible] *erreur secondaire* aux températures intermédiaires [illegible] chronomètre réglé pour la température moyenne [illegible] aux extrêmes. Phillips étudie ce délicat problème ; [illegible] connaît que la perturbation réelle est égale à la s[illegible] algébrique des perturbations dues au spiral seul [illegible] balancier seul, et du produit de ces deux perturba[illegible] Il montre que le choix de la forme du spiral et [illegible]

(*) 1er sem., p. 26.
(**) *Comptes rendus*, 1871, 2e sem., p. 1071.
(***) *Comptes rendus*, même volume, p. 1131.

de la matière qui le compose exerce une influence sur cette erreur secondaire. L'alliage de palladium paraît particulièrement avantageux. Cet alliage, riche en palladium (75 p. 100) est assez fréquemment employé aujourd'hui pour les spiraux, où il remplace l'acier ou l'or. Dans les montres ordinaires il a sur l'acier l'avantage de ne pas s'aimanter au voisinage des machines électriques.

La *Revue suisse d'horlogerie* (*) nous apprend que Phillips avait entrepris, avec M. Callier, de nombreuses expériences sur la compensation, notamment sur les balanciers à lames planes ; mais il n'a jamais voulu publier ses travaux, ne les jugeant pas assez complètement étudiés.

D'autres études, relatives à l'isochronisme, l'occupaient au moment de sa mort : les *Comptes rendus de l'Académie des sciences* du 26 janvier 1891, nous donnent l'analyse, par M. Wolf, d'un mémoire de Phillips sur le pendule isochrone, mémoire qu'il a laissé entièrement rédigé et qui sera prochainement publié. En ajoutant au pendule ordinaire un petit ressort horizontal, convenablement calculé, on le rend à peu près rigoureusement isochrone pour des oscillations d'une amplitude de 1° à 5°. Ce ressort est encastré à l'une de ses extrémités, et relié à la tige du pendule par une petite bielle, verticale quand cette tige est au repos.

M. Wolf cite des expériences qui confirment la théorie: un pendule ordinaire a donné des différences de 6 secondes par jour, suivant qu'il décrivait de grands ou de petits arcs ; après l'addition du ressort correcteur, les écarts se sont réduits à 14 centièmes par seconde.

Notre rapide examen des travaux de Phillips sur la chronométrie nous montre le rôle brillant de la théorie qu'il a établie : ici la théorie ne se contente pas d'expli-

---

(*) Août 1890, p. 293.

quer à peu près, à l'aide d'hypothèses mal établies, une lointaine approximation, les phénomènes c... par la pratique, ce qu'elle est trop souvent réd... faire dans l'étude des machines ; la théorie ici préc... pratique, elle indique les essais à faire, les disposi... à adopter : on peut suivre ses indications sans crai... d'échecs ; elle analyse les plus minimes perturb... des appareils ; elle recherche, pour la faire dispar... la cause d'écarts de quelques centièmes de second... jour ; enfin elle permet de réaliser dans les appareils... mesurent le temps une précision presque égale à... des calculs astronomiques dont ils fournissent les p... miers éléments.

On conçoit donc que de telles études, malgré... apparente aridité, aient passionné un esprit math... tique tel que celui de Phillips, et qu'il les ait pours... avec amour pendant une grande partie de sa vie. ... n'était donc plus digne que lui de présider le co... international de chronométrie, tenu à Paris en 1889, ... grès où nous voyons à chaque instant signaler les p... grès dûs à ces travaux. On trouvera l'allocution de Ph... lips et des détails sur quelques-uns de ses mém... dans les *Comptes rendus du Congrès*, publiés à Paris ... 1890.

C'est bien justement aussi que l'on a fait figurer ... spiraux de Phillips dans la vitrine des principales i... ventions françaises à l'Exposition de 1889.

Les études faites sur le spiral devaient encore cond... Phillips à de nouveaux développements (*). Puisque ... théorie du spiral est déduite de la théorie de l'élastic... réciproquement, les lois du mouvement du spiral p... mettront de calculer les coefficients élastiques. La ...

(*) *Comptes rendus*, 1863, 1er sem., p. 296 (Extrait et Rapp... de M. Mathieu); *Comptes rendus*, 1864, 1er sem., p. 449; *Ann... des mines*, 6e s., t. XV, p. 65.

mule de la durée des oscillations d'un balancier mû par un spiral donné, établie par Phillips, est la suivante :

$$T = \pi \sqrt{\frac{AL}{M}}.$$

T est le temps d'une oscillation simple, c'est-à-dire d'une extrémité à l'autre de l'excursion du balancier ; A est le moment d'inertie de celui-ci ; L est la longueur développée du spiral entre ses deux bouts encastrés ; et M est le moment d'élasticité de ce spiral.

Cette formule offre une analogie curieuse avec celle du pendule ordinaire qui contient $\sqrt{g}$ en dénominateur. De même que l'observation des oscillations du pendule permet de calculer g, de même les oscillations du spiral donneront le coefficient M pour le métal qui le compose.

On a là un moyen très simple et très exact de déterminer le coefficient d'élasticité des différents corps, et les résultats numériques qu'il a fournis se sont toujours très bien accordés avec ceux résultant des expériences faites antérieurement.

En même temps, on détermine aisément pour chaque substance, la limite d'allongement élastique auquel correspond un allongement permanent.

En effet, si le balancier est écarté d'un angle α de sa position d'équilibre, α étant la mesure de l'arc d'écartement relativement au cercle dont le rayon serait l'unité, l'allongement ou le raccourcissement proportionnel que subit le spiral au même instant est donné par là formule très simple :

$$i = \frac{e}{2L} \alpha$$

dans laquelle e est l'épaisseur du spiral et L sa longueur. Une quantité très minime de matière suffit pour cet essai. Les fils qui constituent les spiraux étant de

section circulaire et de diamètre d, le coefficient d'é-
ticité E est donné par la formule :

$$M = \frac{E\pi d^4}{64}.$$

La limite d'allongement élastique se déduit de la v
de l'angle α et pour laquelle commence la déform
permanente.

Phillips donne une description des procédés et re
sultats des expériences exécutées avec divers méta
fer, l'acier, le cuivre, le laiton, l'argent, l'or, le p
le palladium, l'aluminium, le bronze d'aluminium, le
le nickel, le cobalt. Ces expériences lui avaient r
les propriétés remarquables du bronze d'aluminium
un fort coefficient d'élasticité avec une limite d'allo
ment élastique aussi élevée au moins que l'acier
du mémoire). Cet alliage commence à être emplo
puis quelques années dans les machines.

Plus tard (*), Phillips a indiqué une autre méth
fondée sur l'équilibre statique, qui supprime tout
fluence de l'inertie du spiral ; quand celui-ci est gr
très dense, ce qui est souvent le cas pour ces
riences, cette inertie, qui n'altère qu'insensiblement
chronisme, peut influer notablement sur la durée
oscillations et, par suite, sur la valeur déduite du c
cient d'élasticité. Dans la nouvelle méthode, un fil t
par un poids, qui passe sur une poulie légère, main
le spiral dévié d'un angle α à partir de sa position de
pos : G étant le moment de la force qui agit sur le s
ral, et les autres lettres conservant la même sign
cation,

$$G = \frac{M\alpha}{L} \quad \text{et} \quad E = \frac{64\,GL}{\pi\alpha d^4}.$$

(*) *Comptes rendus* de 1879, 1er sem., p. 315.

Au congrès de mécanique appliquée, en 1889, Phillips a rappelé son ingénieuse méthode pour déterminer les coefficients d'élasticité au moyen du spiral, et a rédigé à ce sujet une note qui a été publiée dans le *Compte rendu du Congrès*, t. III, p. 1, avec une vue de l'appareil employé.

Un curieux et savant mémoire de Phillips sur les plus délicates questions relatives à l'élasticité des solides a été publié en 1866 (*), sous le titre de : *Solution de divers problèmes de mécanique dans lesquels les conditions imposées aux extrémités des corps, au lieu d'être invariables, sont les fonctions données du temps, et où l'on tient compte de l'inertie de toutes les parties du système* (**). Un extrait en avait été donné par l'auteur dans les *Comptes rendus de l'Académie*, en 1864. Ce travail montre avec quelle puissance Phillips savait mettre en œuvre toutes les ressources du calcul. Il a été rarement cité. M. Léauté rappelle toutefois que MM. Sébert et Hugoniot, en étudiant les effets du tir sur les affûts des bouches à feu, furent conduits à des recherches analogues et mirent en lumière le travail de Phillips. Le mémoire étudie le mouvement moléculaire de toutes les parties d'une tige, dont une extrémité reçoit un mouvement donné, l'autre étant libre, et où chaque point se meut parallèlement à l'axe de cette tige, notamment d'une tige de piston. Il étudie aussi les efforts qui se développent dans une bielle d'accouplement, dans une manivelle, enfin les vibrations transversales d'une corde tendue.

Toutefois Phillips, ne voyant sans doute pas d'application pratique immédiate pour la construction des machines, de ces recherches théoriques, n'a pas, comme dans d'autres mémoires, indiqué les simplifications qu'on

(*) *Annales*, 6e s., t. X, p. 211.
(**) 1er sem., p. 317.

peut admettre, dans les cas usuels, aux formules compliquées qu'il donne; il n'a pas, à l'aide d'exem numériques et d'applications, montré quel parti on tirer de ces formules, et quelles corrections elles pe introduire aux coefficients généralement en usage. aujourd'hui, comme la vitesse des machines aug beaucoup, comme on construit des moteurs avec à mouvement alternatif, marchant à plus de 600 par minute, il pourrait être intéressant de reprend formules de Phillips et de les appliquer à l'étude des brations et des efforts qui se développent dans les de ces machines.

En 1869, Phillips a donné une intéressante mé pour déterminer expérimentalement, au moyen de dèles à échelle réduite, la résistance des construc ou pièces de machines compliquées. Cette méthode exposée dans les *Mémoires de l'Académie des scienc* Phillips lui-même l'a résumée dans une note au Co international de mécanique appliquée (**).

« Soit α le rapport des dimensions linéaires du et du solide élastique; C et γ les rapports de leurs cients d'élasticité et de leurs densités (C et γ seront tuellement égaux à 1); et δ le rapport des forces ag sur toute la masse des deux corps et rapportées à l' de masse. Il s'agit de déterminer la condition pour dans le modèle et dans le corps, deux éléments su ciels homologues quelconques, pris dans la masse, soumis à des forces élastiques, parallèles, de même et qui, rapportées à l'unité de surface, soient dans rapport constant.

(*) T. XXXVIII. p. 1 et 91.

(**) T. III, p. 5. *De l'emploi des modèles pour détermine rimentalement les conditions de résistance des solides élastiq* voir aussi les *Comptes rendus de l'Académie*, t. LXVIII, p. t. LXIX, p. 911.

« Cette condition est très simple, elle consiste en ce que les forces uniformément réparties par unité de surface, appliquées sur la surface des deux corps, et comparées de l'un à l'autre, doivent être respectivement parallèles, de même sens, et qu'en les supposant rapportées à l'unité de surface, leur rapport soit constant et égal à $\alpha\gamma\delta$. Il arrive alors que le rapport des forces élastiques rapportées à l'unité de surface pour deux éléments superficiels homologues de la masse des deux corps est aussi égal à $\alpha\gamma\delta$.

« Si, parmi les forces appliquées à la surface, il y en a qui ne soient pas uniformément réparties, mais appliquées chacune en un point, elles doivent être parallèles de même sens et dans un rapport constant égal à $\alpha^2\gamma\delta$. Le rapport des forces élastiques, rapportées à l'unité de surface, pour deux éléments superficiels homologues quelconques de la masse des deux corps, est toujours égal à $\alpha\gamma\delta$. »

Phillips indique encore dans quel cas les corps déformés restent semblables. Supposons qu'on veuille appliquer la méthode à un corps soumis à la pesanteur seule, un pont de grande dimension par exemple : si le modèle était soumis à la pesanteur également, δ serait égal à 1, le rapport des forces élastiques serait α, c'est-à-dire bien trop faible pour qu'elles fussent utilement observables sur le modèle. Mais en substituant à la pesanteur la force centrifuge, on pourra augmenter δ autant qu'on voudra : il suffira de faire tourner le modèle autour d'un axe dont il sera suffisamment éloigné : r étant cet éloignement, supposé constant pour tous les points, et ω la vitesse angulaire :

$$\delta = \frac{\omega^2 r}{g}.$$

Si l'on fait tourner le modèle de telle sorte que $\delta = \frac{1}{\alpha}$,

les forces élastiques seront les mêmes dans le modèle ; on pourra les rendre m fois plus fortes en prenant

$$\delta = \frac{m}{\alpha}.$$

Ainsi un modèle au 50e du pont Britannia serait long de $8^m,60$ et pèserait 38 kilogrammes ; en le faisant tourner à 2,5 tours par seconde autour d'un axe distant moyennement de 2 mètres, le modèle travaillerait comme le pont réel.

Dans la seconde partie du mémoire à l'Académie, Phillips étudie l'addition d'une charge mobile sur le modèle. Il traite ensuite la question du mouvement de solides élastiques semblables : par exemple si l'on construit le modèle, à l'échelle α, d'un volant devant faire n tours par minute, et qu'on veuille soumettre le modèle à une fatigue égale à m fois celle de l'original, il faudra lui faire faire un nombre de tours

$$n' = n\frac{\sqrt{m}}{\alpha}.$$

L'application de cette ingénieuse méthode, qui ne paraît pas extrêmement difficile, rendrait de grands services soit qu'on n'ait pu exécuter les calculs de résistance d'une pièce compliquée, soit qu'on veuille vérifier les résultats d'une étude.

Si considérables que soient les travaux que nous venons d'analyser, ils ne font pas négliger à Phillips l'étude de la mécanique pure : dans une thèse pour le doctorat à la Faculté de Paris, en 1849, il avait traité le choc des corps solides en ayant égard au frottement ; il compléta cette thèse par un mémoire présenté à l'Académie (*). Dans la même thèse, il étudie les pertes de forces vives relatives dans les chocs de corps solides et dans les

(*) *Comptes rendus*, 1853, 1er sem., p. 1038.

changements brusques des liaisons d'un corps solide (*). Le principe de la moindre action pour les mouvements relatifs, et l'application du principe de d'Alembert à l'étude directe des mouvements relatifs, sont l'objet d'un mémoire à l'Académie, en 1857 (**). Un mémoire, non publié, étudie le profil des digues de réservoir en maçonnerie (***).

Ses études portent également sur d'autres branches de la mécanique, notamment sur la thermodynamique : nous trouvons dans les *Comptes rendus* de 1870 (****), une note sur les changements d'état d'un mélange d'une vapeur saturée et de son liquide, suivant une ligne adiabatique; dans le volume suivant des *Comptes rendus*, p. 333, une note sur la relation entre les chaleurs spécifiques et les coefficients de dilatation d'un córps quelconque.

Les *Comptes rendus* des 27 mai et 3 juin 1878 contiennent une étude sur la détermination des chaleurs spécifiques à pression constante et à volume constant, d'un corps quelconque, et sur celle de sa fonction caractéristique. Phillips y recherche notamment les conditions pour que les deux chaleurs spécifiques soient fonctions de la température seule, ainsi que cela a lieu pour les gaz permanents. Il calcule ensuite, en supposant connu l'un ou l'autre coefficient de chaleur spécifique, la fonction caractéristique, ainsi dénommée par M. Massieu (*****), et d'où se déduisent toutes les fonctions de la thermodynamique.

Une courte note dans le t. LXXV des *Comptes rendus*, p. 1733, est relative à l'écoulement des liquides par grands orifices en mince paroi.

(*) *Journal de mathématiques de Liouville*, 1849, t. XIV.
(**) *Comptes rendus*, t. XLV, p. 957.
(***) *Comptes rendus*, 1858, 1er sem., p. 178.
(****) 1er sem., p. 548.
(*****) *Mémoires des savants étrangers*, t. XXII.

Par tous ses travaux, touchant aux diverses branches de la mécanique, par les importantes déductions qu'il avait tirées de ses recherches, enfin par ses fonctions d'ingénieur au service de l'État, puis des compagnies de chemins de fer, fonctions qui le mettaient à même de bien voir le rôle capital des théories scientifiques dans la pratique des constructions mécaniques, et en même temps les exigences spéciales de cette pratique, Phillips se trouvait admirablement préparé pour l'enseignement que lui confièrent des administrateurs éclairés, à l'École centrale, puis à l'École polytechnique. Nous touchons ici à l'une des parties les plus fécondes de son œuvre; mais les fruits de ses efforts ne sont plus des mémoires, des faits que nous puissions encore étudier : ce sont les connaissances qu'il a données à ses élèves. Qui peut dire le service que rend à son pays un bon professeur, surtout lorsqu'il s'agit d'une science aussi délicate que la mécanique, où les erreurs sont si faciles à commettre, si difficiles à redresser, quand on n'en connaît pas à fond les principes? Chaque année des centaines d'élèves quittent les grandes écoles. Est-il indifférent qu'ils en emportent des connaissances nettes et précises, une bonne méthode, le goût de la science, ou au contraire des notions confuses et obscures et le dédain des études qu'ils ont dû faire? Sous ce rapport, l'influence personnelle du professeur est grande, et les examinateurs qui interrogent les élèves à la fin de leurs études le remarquent bien vite. Que de travaux ensuite se produisent, qui n'auraient pas vu le jour, si une graine fertile n'avait été semée par le professeur ; et puis, dans l'exercice de la tâche quotidienne de chacun, quelle est l'importance d'un jugement sain et de connaissances bien ordonnées ! Nous pouvons nous en rendre facilement compte, en remarquant avec quelle peine au contraire nous suppléons à l'enseignement d'une science qui nous a manqué, ou qui était insuffisant.

Phillips n'était pas seulement très savant, il était aussi très bon professeur : ses élèves n'ont pas oublié avec quel soin il préparait toujours ses leçons, avec quelle clarté il les développait. Nous regrettons vivement aujourd'hui qu'il n'en ait pas composé un ouvrage qui nous resterait. Les fragments rédigés de ses leçons que nous possédons sont en effet incomplets et insuffisants; les feuilles autographiées à l'École polytechnique ne donnent pas une idée juste de son enseignement; un travail un peu plus important est son *Cours d'hydraulique et d'hydrostatique*, rédigé en 1875 par M. Gouilly, son répétiteur à l'École centrale : c'est un bon traité élémentaire, simple et clair dans toutes ses parties. Mais, je le répète, ce n'est pas dans les livres que Phillips, véritable professeur, a laissé le souvenir de ses leçons, c'est dans l'esprit de ses nombreux élèves.

Nous arrivons au terme de notre revue des travaux du savant que nous regrettons : nous pouvons encore citer de nombreux rapports qu'il a rédigés sur divers mémoires soumis à l'Académie (*), les discours qu'il a prononcés aux obsèques de ses collègues Bresse et Rolland (**), sa notice sur de Saint-Venant (***), ses allocutions aux congrès qu'il a présidés en 1889, peu de mois avant sa mort.

Nous devons aussi rappeler ses travaux techniques comme ingénieur de chemins de fer, à une époque où bien des types du matériel étaient encore à créer; il prit une part active à la construction des locomotives et des véhicules de transport, et il eut toujours soin de créer des archives contenant les dessins complets du matériel construit.

(*) *Comptes rendus*, t. LXXI, p. 72; t. LXXVI, p. 528; t. LXXXII, p. 362; t. LXXXIV, p. 72; t. CIV, p. 657.

(**) *Comptes rendus*, t. XCVI, p. 1518; t. C, p. 947.

(***) *Comptes rendus*, t. CII, p. 141.

Comme le montre la liste de ses travaux, tous mûris et bien établis avant qu'il ne se décidât à les publier, Phillips était un travailleur infatigable. Une autre qualité chez lui doit être signalée, une qualité toujours précieuse chez un homme de son mérite : Phillips aimait la science pour la science, et non pour le bruit qu'on pouvait faire autour de son nom; en publiant ses travaux, il ne cherchait jamais qu'à les faire connaître aux savants qui voulaient se donner la peine de les rechercher ou aux particuliers auxquels ils pouvaient être utiles; mais jamais aucune recherche de la publicité, aucun désir du bruit, de l'approbation de la masse, aucun effet pour obtenir des distinctions, qui doivent venir le trouver ou bien passer à côté de lui.

Un tel caractère est fait pour plaire : le mérite du savant, de l'homme éminent, est grandi lorsqu'il ne songe qu'à ses études, et aux services qu'il peut rendre; et, sous ce rapport, comme sous d'autres, Phillips mérite de nous servir de modèle : nous l'honorons pour sa modestie autant que pour sa science.

AVERTISSEUR DE GRISOU THOMAS SHAW

Par M. Paul BAYARD, ancien élève de l'École polytechnique.

Pendant un récent voyage aux États-Unis, ayant entendu parler d'un nouvel indicateur de grisou, en service dans le principal centre houiller du pays, à Connelsville, nous avons eu, en passant à Philadelphie, la curiosité d'en aller voir l'inventeur, de nous le faire expliquer, d'en examiner le mécanisme. Nous avons trouvé nouveau le principe appliqué, et très ingénieux les appareils qui le mettent en œuvre. D'autre part, les renseignements provenant des mines qui emploient cet indicateur, ainsi que des Ingénieurs des mines de l'État en Pennsylvanie et en Ohio, nous semblent assez sérieux pour que nous ayons cru intéressant de le signaler en France.

PRINCIPE DES APPAREILS.

Le *principe* appliqué est celui de la fixité absolue de la proportion de gaz combustible nécessaire dans un mélange avec de l'air pour que l'inflammation se produise, cette proportion serait, à un millième près, de 0,06 pour le grisou, de 0,085 pour un gaz d'éclairage moyen, c'est ce que nous appellerons le *point d'inflammation* spécial à chaque gaz.

Avertisseur de grisou. — Sur un courant de gaz con-

tinuellement aspiré d'un point de la mine à surv
on prélève, trois fois par minute, une prise d'essai
l'on envoie dans un cylindre ouvert sur une flamme,
un détonateur, où la seule dilatation produite par l'in
mation est susceptible de pousser un piston qui
résonner un timbre.

Si l'on se contente de l'avertissement à 6 p. 100
gaz dangereux, il suffit d'introduire telle quelle la
d'essai dans l'appareil. On trouve même en Amérique
l'avertissement se produit ainsi trop tôt, la prise
se faisant au point le plus dangereux du chantier,
près du front de taille, dans une cloche du toit.

Si l'on désire que l'avertissement se produise à
neur en grisou moindre, il suffit d'ajouter, toujours
matiquement, le complément de gaz combustible
saire pour arriver à la teneur minimum donnant in
mation.

Si l'on désirait, au contraire, retarder l'avertisse
on ferait l'addition d'air convenable.

Cet appareil fonctionnant régulièrement à un mini
quelconque de grisou, constitue l'*avertisseur*. Pour
à la connaissance exacte des proportions de gaz co
tible contenu dans un mélange, on se sert de l'a
seur.

Dans ce second appareil, établi sur le même prin
on fait à un mélange constaté non combustible des
tions croissantes et connues de gaz pur jusqu'à ce
l'on arrive au *point d'inflammation*. La proportion
respondante à ce point de gaz pur mélangé à l'air pur
été primitivement déterminée, on en conclut la propor
de gaz pur existant dans le mélange essayé.

Inversement, au mélange constaté combustible on fer
des additions croissantes et connues d'air pur, jusqu'à
que l'on arrive ainsi au *point d'inflammation*.

APPAREILS.

L'appareil avertisseur (diagramme *fig.* 1, Pl. X) se place dans les installations du jour, à côté du bureau de l'ingénieur, et toujours à portée d'un surveillant.

Il se compose essentiellement des organes suivants : un extracteur à vapeur, genre Kœrting A, maintient un vide de $0^{m},50$ de mercure dans un réservoir A' aspirant ainsi, par dix tuyaux B, l'air de la mine. Ces tuyaux de 7 millimètres de diamètre intérieur, passent par le puits et les galeries et sont prolongés à leur extrémité par un tuyau de caoutchouc que l'on fait déboucher tout près des fronts de taille, dans des cloches du toit, aux points où se fait le moins sentir l'aérage.

Sur ces tuyaux B sont branchés autant de tuyaux C, mis successivement en communication par l'intermédiaire d'un distributeur rotatif D et d'un tuyau E avec une pompe aspirante et foulante F.

A chaque coup de piston, cette pompe prélève donc sur un des tubes B une prise d'essai qu'elle envoie à l'inflammateur G, soit telle quelle, si l'on se contente de l'avertissement à 6 p. 100, soit additionnée d'une quantité convenable de gaz ou d'air purs, si l'on veut rapprocher ou reculer le moment de l'avertissement.

L'inflammateur (*fig.* 2) se compose de deux cylindres *a* rapportés sur une caisse carrée *b*; l'une des extrémités est fermée par une soupape *c* guidée sur son siège et maintenue par un fil métallique réglable aux extrémités du ressort *d*; cette soupape soulevée par la dilatation due à l'inflammation vient frapper un timbre d'avertissement H.

Un volume de gaz à peu près triple de celui du cylindre refoulé par la pompe F est introduit par un tuyau *f* et se

répand d'avant en arrière ; par côté, il trouve un aju-
libre g qui en dirige l'excès sur une flamme h provo-
l'inflammation si la composition est convenable.

Appareils accessoires. — Tel est le mécanisme
simple de l'avertisseur de grisou. Il a été un peu com-
qué comme construction, sinon comme service, par l
venteur qui a voulu utiliser ces jeux de tuyaux
communiquer le jour avec les principaux chantie
fond. Au point de vue d'abord des correspondan
établir, le fond peut appeler le jour simplement
pliant le tube-caoutchouc qui termine la conduite ; le
augmentant dans le tuyau ainsi fermé fait bascule
soupape équilibrée pour la dépression habituelle et
en communication un réservoir d'air comprimé ave
sifflet d'appel.

Le jour peut appeler un chantier du fond en env
momentanément dans le tuyau un courant d'air
pression (7 kil.) qui va faire fonctionner un sifflet
à l'extrémité du tube-caoutchouc. Il faut une minute
envoyer ce signal à 1.500 mètres, mais on peut bie
rapidement transmettre les signaux ultérieurs au
de coups frappés à intervalles convenus sur des dia
montés sur les tubes et munis de boîtes de réson
On suit un code de signaux assez simple prévoyan
demandes et les réponses les plus fréquentes ains
l'usage d'un alphabet.

Enfin les tubes qui en temps ordinaire aspirent ch
un mètre cube à l'heure de l'air le plus vicié, peuven
contraire s'utiliser pour envoi d'air pur sous pressi
des points momentanément privés de leur aérage,
envoi d'acide carbonique destiné à éteindre un ince
dans un chantier, une fois faits les barrages convenab

Sans insister sur les petites modifications app
tées dans ce but à l'appareil et constituant un ens

ble d'avantages pratiques, mais sans intérêt comme nouveauté, nous passerons à l'autre appareil.

Analyseur. — L'appareil (*fig.* 3, Pl. X) se compose en principe d'un balancier K recevant d'une extrémité un mouvement d'oscillation d'amplitude fixe, et portant à l'autre la tige de piston d'une pompe fixe A. Sous le balancier se trouve un deuxième corps de pompe B mobile sur une règle graduée et dont la tige de piston se déplace également sur le balancier pourvu d'une graduation correspondante. Lors du mouvement ascensionnel des deux pistons, A aspire un volume constant de l'air à étudier, B un volume variable suivant sa position sur la règle graduée de gaz combustible pur. A la descente du balancier, le gaz des deux cylindres est simultanément expulsé, se mélange dans une même conduite et arrive à l'inflammateur. Si l'inflammation se produit, on recommence l'opération en ajoutant au moyen de B une quantité de gaz moindre, c'est-à-dire après avoir rapproché le cylindre B et son piston de l'axe du balancier. On arrive ainsi par tâtonnements à une position du cylindre B, telle qu'en la modifiant d'une division seulement l'inflammation cesse de ce produire ; on arrive au *point d'inflammation.*

Les divisions de la graduation expriment en millièmes le rapport du volume décrit par le piston du petit cylindre fixé en un point au volume total introduit dans le grand, plus le petit cylindre, autrement dit la proportion dans le volume total gazeux expulsé par les deux cylindres, du gaz envoyé par B.

Une expérience préalable ayant fait connaître que R est la proportion du gaz combustible pur essayé, nécessaire pour arriver au point d'inflammation en mélange avec l'air pur, si *b* est la proportion de gaz pur ajoutée au mélange essayé, *d* la proportion cherchée de gaz pur

existant au préalable dans le mélange, on a $d=\frac{R-b}{1-b}$

ou avec R=6 p. 100, $b=4$ p. 100, $d=\frac{2}{0,96}=2,0$[illegible]

Nous ferons remarquer incidemment les services q[illegible] rendrait dans l'industrie cet appareil appliqué au contr[illegible] des gazogènes, c'est-à-dire employé pour l'essai rapi[illegible] de gaz dont la composition réelle importe moins que [illegible] pouvoir calorifique. La métallurgie, la verrerie en par-culier, qui emploient un grand nombre de gazogènes, n'[illegible] actuellement aucun moyen sérieux de se rendre compte de leur marche.

Le dosage de l'acide carbonique avec l'analyseur n'a[illegible] pas le même caractère de nouveauté que les essais de g[illegible]sou. Mais la disposition même de l'appareil rend très sim-[illegible] un dosage trop souvent négligé faute de conséquences immédiates et apparentes ; dans une éprouvette (fig. [illegible] pleine d'eau de chaux on envoie par un tube effilé [illegible] volume connu d'acide carbonique. On constate la coul[illegible] prise par l'eau de chaux de cet étalon. Au moyen [illegible] grand cylindre A, dont la course est graduée, on fait tr[illegible]verser une éprouvette d'eau de chaux semblable par [illegible] quantité de gaz à essayer telle que la même couleur [illegible] trouve exactement reproduite, on en conclut le volu[illegible] d'acide carbonique contenu dans le volume de gaz ex[illegible]rimenté.

RÉSULTATS PRATIQUES.

Les appareils avertisseurs de grisou fonctionnent à Con-nelsville, aux Morrell Mines, depuis mai 1889. Ces char-bonnages sont des plus grisouteux ; ils présentent [illegible] développement d'environ 80 kilomètres de galeries [illegible] ont leurs travaux du fond les plus proches à 1.600 mètres du bureau d'essai au jour. Des renseignements donn[illegible]

par le directeur de la compagnie, il ressort que l'appareil avertisseur, par son exactitude et sa sensibilité, lui a permis de constater fréquemment la rapidité avec laquelle se produisent les variations dans l'état de l'atmosphère de la mine. Il a pu ainsi faire évacuer immédiatement des points dangereux ou empêcher d'y pénétrer les équipes, sur essais faits avant la descente des ouvriers. Il apprécie en outre la propriété que possède l'appareil d'évacuer une proportion notable de gaz dangereux. C'est ainsi que le 15 février 1890, cinq minutes après avoir trouvé à l'appareil d'analyse 0,5 p. 100 C^2H^4 — 0,0 CO^2 — le timbre de l'appareil avertisseur se mit à sonner d'une façon continue : une nouvelle analyse faite aussitôt après montrait 16,1 p. 100 de grisou. Les mineurs immédiatement prévenus, malgré une distance de 1.600 mètres, évacuèrent aussitôt le chantier, et, en vingt minutes, le ventilateur, secondé par l'aspiration directe de l'appareil, ramenait à 3 p. 100 la proportion de grisou.

Le fait s'est reproduit à de nombreuses reprises : une fois même, le directeur se trouva tout d'abord prévenu par la sonnerie de l'appareil de l'arrêt d'un ventilateur qui se trouvait dans un bâtiment voisin.

Enfin l'année dernière, lors de l'accident survenu au milieu de juin aux charbonnages de Hill Farm, on voulut descendre à la recherche des 31 victimes. Les ingénieurs du gouvernement, avant de laisser pénétrer dans les galeries, voulurent en vérifier l'atmosphère et allèrent à 8 kilomètres de là, aux Morrell Mines, chercher l'appareil d'analyse. En prélevant des essais par un trou de sonde ils constatèrent 97 p. 100 de grisou. Quelque temps après, 89 p. 100. Ils défendirent assitôt des tentatives de sauvetage aussi dangereuses qu'inutiles.

L'appareil d'analyse permet, aux Morrell Mines, de tenir régulièrement des registres d'analyse en C^2H^4 et CO^2

NOTE SUR LE DOSAGE DU GRISOU

PAR LES LIMITES D'INFLAMMABILITÉ

Par M. H. LE CHATELIER, Ingénieur en chef des mines.

L'appareil de M. Shaw, décrit plus haut par M. Bayard, semblera trop compliqué à bien des ingénieurs pour un emploi courant dans les mines. Le principe sur lequel il repose mérite cependant d'être retenu ; il peut être utilisé d'une façon beaucoup plus simple au même objet et donner un procédé extrêmement pratique pour l'analyse rapide et précise de l'air des mines.

Ce principe consiste en ce que la limite d'inflammabilité d'un gaz, c'est-à-dire la proportion minima de ce gaz qui doit être mêlée à l'air pour obtenir un mélange combustible, est une grandeur rigoureusement définie, susceptible d'être mesurée avec une très grande précision. Cette affirmation de M. Shaw étant en contradiction avec les idées courantes sur les limites d'inflammabilité, j'ai cru devoir reprendre l'étude de cette question. J'ai pu constater l'exactitude absolue des faits avancés à ce sujet, et j'ai vérifié que les limites d'inflammabilité pouvaient être déterminées d'une façon certaine et sans difficulté à 1/1000e près du volume total. Si, dans les expériences antérieures, on avait observé des irrégularités au voisinage de la limite d'inflammabilité, cela tenait vraisemblablement à ce que les mesures des volumes gazeux n'avaient pas été faites avec une précision

suffisante. C'est en effet là le seul point délicat de ces expériences.

Pour effectuer les mélanges gazeux en proportions rigoureusement définies, on peut se servir d'une éprouvette en verre de 30 millimètres de diamètre et de 300 millimètres de longueur rétrécie à sa partie inférieure à 20 millimètres pour qu'il soit possible de la fermer avec le pouce. Elle est prolongée à sa partie supérieure par un tube plus étroit de 10 millimètres de diamètre et 250 millimètres de longueur. Le volume du mélange gazeux est limité par un trait tracé à 50 millimètres au-dessus de l'orifice inférieur; le tube supérieur est divisé en millièmes de ce volume.



Le dessin ci-contre représente l'éprouvette, en exagérant ses dimensions transversales.

Pour faire une expérience, on remplit d'eau l'éprouvette, et on la place sur une cuve à eau assez profonde pour qu'il soit possible de l'immerger tout entière. On y fait arriver le gaz combustible, le gaz d'éclairage par exemple, par un tube capillaire qui permette d'obtenir le dégagement par bulles très fines dont le volume doit être inférieur à 1/1000e de celui de l'éprouvette, c'est-à-dire de moins de deux dixièmes de centimètre cube pour les dimensions données plus haut. Il est indispensable également pour avoir un dégagement régulier, se faisant bulle à bulle, que le volume des tubes compris entre le robinet et l'orifice de dégagement soit aussi faible que possible. Le volume du gaz combustible est mesuré sous la pression atmosphérique en ramenant au même niveau l'eau à l'intérieur et à l'extérieur du tube. On achève de remplir l'éprouvette jusqu'au trait inférieur avec de l'air. L'éprouvette est alors prise à pleine main

par sa partie inférieure, l'orifice étant maintenu bouché par le pouce. Puis on la retourne et on l'agite en tout sens, pendant quelques instants, pour effectuer le mélange; enfin on la relève dans sa position primitive en attendant que l'on soit prêt à provoquer l'inflammation. Il est important de ne pas la maintenir renversée, parce que la main échaufferait le gaz et pourrait modifier ainsi les conditions d'inflammabilité. Pour provoquer l'inflammation on retourne brusquement l'éprouvette et, aussitôt l'eau arrivée dans le bas, on écarte le pouce et on introduit franchement, sans perdre de temps, une allumette ou une petite flamme de gaz. Si le mélange est combustible, une flamme bleu-pâle descend *jusqu'au bas de l'éprouvette;* sinon on ne voit généralement rien se produire. En réalité, la combustion s'étend jusqu'à une certaine distance de la flamme qui a servi à l'allumage, mais l'éclat de cette dernière masque le plus souvent l'auréole fugitive qui l'entoure un instant.

Les causes d'erreurs que comporte ce procédé d'observation sont, en dehors des erreurs sur les mesures de volume, l'imperfection du mélange résultant d'une agitation insuffisante et l'échauffement inégal du mélange gazeux par l'action de la main.

Dans le cas où le gaz d'éclairage est employé comme gaz combustible, il y a une cause particulière d'irrégularité qui, pour être évitée, exige quelques précautions spéciales. Les vapeurs de benzine dont ce gaz est chargé se dissolvent dans l'eau, ce qui fait varier le pouvoir combustible et par suite la limite d'inflammabilité. Cette action de l'eau va en diminuant au fur et à mesure qu'elle se sature de benzine. Pour éviter des irrégularités semblables il suffit d'opérer avec une grande masse d'eau, et de la renouveler de temps en temps, de façon à maintenir toujours identique son action dissolvante.

Les tableaux suivants reproduisent les résultats d'ex-

périences obtenus dans des conditions variées avec le gaz d'éclairage. On remarquera que dans une même série d'expériences les incertitudes ne dépassent pas 1 p. 1000, ce qui est la précision même avec laquelle les mesures de volumes ont été faites. La limite varie un peu avec le diamètre de l'éprouvette.

Limites d'inflammabilité du gaz d'éclairage.

Date.	Inflammable.	Non inflammable.	Observations.
18 fév. 1891.	9,2-8,75-8,7	8,6-8,4-8	Tube de 10mm.
25 fév. 1891.	9,6 -8,6	8,4	Tube de 15mm.
26 fév. 1891.	8,6 -8,4	8,2	*Id.* Dans ces expériences, le gaz est mesuré avec une burette indépendante dont on ne renouvelle pas l'eau.
27 fév. 1891.	8,5-8,3 -8,0	8,0-7,5	
27 fév. 1891.	8,4	8,2	On change l'eau de la burette.

Les expériences suivantes ont été faites avec l'éprouvette de 30 millimètres en présence d'un grand excès d'eau, de façon à éliminer les causes d'erreurs mises en évidence dans les expériences précédentes.

Date.	Inflammable.	Non inflammable.
6 avril.	8,45-8,25-8,05	7,95-7,8
11 avril.	8,2	7,95-7,7
11 avril.	8,2	8,1 -8
14 avril.	8,6 -8,4 -8,2	8,1 -8
22 avril.	8,4-8,3 -8,2 -8,15	8 -7,95

Cette dernière série d'expériences a été faite à des températures comprises entre 10 et 20 degrés; elle conduit à une limite d'inflammabilité de 8,1 p. 100. M. Shaw avait trouvé 8 p. 100. Cette concordance montre que la composition du gaz d'éclairage est beaucoup moins variable qu'on ne pourrait être tenté de le croire.

Des expériences semblables, faites avec du formène préparé au moyen de l'acétate, ont donné les résultats suivants :

Date.	Inflammable.	Non inflammable.	
26 fév. 1891.	8-7-6,6-6,6	6,5-6,3-6,3-5,9	Tube de 1[illegible]
27 fév. 1891.	6,65	6,6	
14 avril 1891.	7,5-6,5	6,4-6,3-6	Éprouvette [illegible]

Ce qui donne une limite d'inflammabilité de 6,[illegible] qui doit être réduite à 6,1 parce que le formène [illegible] renfermait 6 p. 100 d'air. M. Shaw avait trouvé [illegible] formène une limite d'inflammabilité précisément [illegible] à 6 p. 100.

L'azote peut être remplacé par de l'oxygène [illegible] la limite d'inflammabilité du gaz d'éclairage soit [illegible] d'une façon sensible.

	Inflammable.	Non [illegible]
Air	8,2	[illegible]
Oxygène pur	8,2	[illegible]

Les faibles variations de la teneur en oxygène [illegible] des mines sont donc absolument sans aucune [illegible] sur le phénomène.

L'acide carbonique modifie très légèrement la [illegible] d'inflammabilité ; chaque centième d'acide car[illegible] contenu dans l'air élève d'environ 0,1 p. 100 la [illegible] d'inflammabilité du gaz d'éclairage, comme le [illegible] les chiffres suivants :

	Inflammable.	Non [illegible]
Air pur	8,2	[illegible]
Air + CO^2 = 2 p. 100 du mélange.	8,4	[illegible]
Air + CO^2 = 5 p. 100 du mélange.	8,6	[illegible]

La teneur en acide carbonique de l'air des mi[illegible] dépasse pas normalement 2 p. 100 ; elle ne peut d[illegible] modifier la limite d'inflammabilité de plus de 0,2 [illegible] Il est facile d'ailleurs de se débarrasser de l'acide [illegible] nique en remplissant d'eau de chaux les bouteilles [illegible] nées à recueillir l'air dans la mine.

Il était intéressant d'étudier comment varie la limite d'inflammabilité d'un mélange de deux gaz combustibles, car pour appliquer cette propriété des mélanges combustibles au dosage du grisou renfermé dans l'air des mines, il était utile de pouvoir se servir d'un gaz quelconque, comme le gaz d'éclairage, sans être astreint à fabriquer du formène. Les expériences ci-dessous rapportées montrent que si l'on appelle

n et n' les volumes de deux gaz combustibles mêlés à une quantité d'air convenable pour faire 100 volumes de mélange,
N et N', les limites d'inflammabilité particulières à chacun de ces deux gaz,

on a, lorsque la limite d'inflammabilité est atteinte, la relation presque évidente *a priori* :

$$\frac{n}{N} + \frac{n'}{N'} = 1. \qquad (1)$$

Les expériences ci-dessous rapportées ont été faites avec des mélanges de formène impur et de gaz d'éclairage pour lesquels N et N' avaient les valeurs suivantes :

Formène impur. . . . . $N = 6,45$.
Gaz d'éclairage . . . . $N' = 8,15$.

Pour faire ces expériences, on introduisait dans l'éprouvette un volume déterminé de formène, puis des quantités variables de gaz d'éclairage, et on complétait avec de l'air jusqu'à 100 volumes. Le volume de gaz d'éclairage, correspondant à la limite d'inflammabilité a servi à calculer par la formule (1) la teneur en grisou théorique.

Formène 1,5 p. 100.

	Inflammable.	Non inflammable.
Gaz d'éclairage	6,3	6,1-6,0

Soit, pour le chiffre moyen 6,2, une teneur en grisou de 1,55 p. 100 au lieu de 1,50.

Formène 3,1 p. 100.

	Inflammable.	Non inflamm
Gaz.	4,4	4,15

Soit, pour le chiffre moyen 4,25, une teneur en de 3,1 identique à celle qui existait dans le mélange.

Formène 5,4 p. 100.

	Inflammable.	Non inflamm
Gaz.	1,5	1,2

Soit pour la valeur moyenne 1,35, une teneur sou de 5,4 identique à celle qui avait été introduite le mélange.

On voit donc que la formule (1) est rigoureuse plicable à la détermination du grisou dans l'air des Il faut seulement prendre pour la limite N' celle qui respond au formène pur, c'est-à dire

$$N' = 6.$$

Le volume x de grisou contenu dans 100 volumes l'air de la mine est alors donné par la formule

$$x = \left(1 - \frac{n}{N}\right)\frac{600}{100 - n}$$

en appelant

N la limite d'inflammabilité du gaz combustible employé,
n le volume de ce gaz ajouté à l'air de la mine pour 100 volumes d'un mélange à la limite de combustibilité

Dans les tableaux d'expériences rapportés au de cette note, il n'a été supprimé aucune expérience lée, aucune série d'expériences effectuées même dans période initiale des tâtonnements. La concordance résultats obtenus dès le début montre que ces riences sont extrêmement simples. Elles peuvent

confiées à un garçon de laboratoire ou même un manœuvre, pourvu qu'il sache lire et soit consciencieux.

Quelques essais de détermination de la limite d'inflammabilité ont été faits pour différents autres gaz combustibles, notamment pour l'oxyde de carbone et l'hydrogène, en se servant, le cas échéant, d'une éprouvette graduée jusqu'à 20 p. 100 du volume total.

Les expériences sur l'hydrogène ont échoué en raison du faible éclat de la flamme qui ne permet pas de reconnaître avec certitude s'il y a ou non combustion.

Avec de l'oxyde de carbone renfermant 3 p. 100 d'azote, la limite d'inflammabilité a été trouvée égale à 16 p. 100, comme le montrent les nombres suivants :

Inflammable.	Non inflammable.
17,8-17,7-16,1-16,1	16-15,9-15,9-15,7-13,5.

Les mélanges à 16 et 15,9 ont donné lieu à une combustion locale qui s'est propagée jusqu'à quelques centimètres de la flamme de l'allumette.

Les limites d'inflammabilité obtenues par cette méthode pour le formène et le gaz d'éclairage diffèrent un peu de celles que nous avons déduites, M. Mallard et moi, de nos expériences sur les vitesses d'inflammation :

	Mesures directes.	Mesures déduites des vitesses de propagation.
Formène.	6,1	5,6
Gaz d'éclairage . .	8,1	6

Cet écart provient de ce que nous avions extrapolé nos expériences de vitesse, admettant à tort que la limite d'inflammation correspondait à une vitesse de propagation nulle. En réalité, le dernier mélange combustible possède encore une vitesse de propagation notable.

NOTE

SUR L'ACCIDENT DE LA MAC

(NIEVRE)

Par M. LAURENT, Ingénieur des mines.

Le 18 février 1890, la mine de La Machine, pr (Nièvre), a été le théâtre d'un accident qui a fait trois victimes, tuées sur le coup ou mortes des leurs blessures.

Cet accident a été causé par la combustion sières de houille; l'hypothèse de la présence du même en petite quantité, a dû être rejetée. intéressant d'en étudier tous les détails. C'est ce nous proposons de faire dans la présente note avoir relaté toutes les circonstances de l'acc 18 février et les constatations qui ont pu être cours d'une enquête minutieuse sur sa natu essaierons de discuter les considérations qui de conclure à l'influence exclusive des poussières

I. Généralités sur l'ensemble des trav d'exploitation.

La mine de La Machine exploite le bassin hou Decize dans toute son étendue. Les couches de

reconnues et exploitées ont été classées en quatre groupes, qui sont, de haut en bas :

1° Groupe dit *des Meules*, comprenant trois couches ;

2° Groupe dit *des Blards*, comprenant également trois couches qui portent le nom de 1re, 2e et 3e Blard ;

3° Groupe dit *du Crot-Benoît*, comprenant deux couches ;

4° *La Couche-Nouvelle.*

La puissance de ces couches varie entre 1 à 4 mètres, et leur plongement, dirigé au sud, entre 10 à 50 degrés. Les entre-deux qui les séparent sont très variables.

Les affleurements et l'amont-pendage de ces différentes couches ont été attaqués en des points très nombreux, et actuellement il subsiste dix puits et trois fendues qui servent à l'extraction, à la circulation des ouvriers, à l'aérage ou à l'épuisement.

Trois puits servent à l'extraction, ce sont :

Le puits des Glénons, à l'est du bassin.

— des Zagots, au centre du bassin.

— Marguerite, à l'ouest du bassin.

Les travaux du champ d'exploitation du puits Marguerite et ceux du champ d'exploitation du puits des Zagots sont en communication les uns avec les autres à la profondeur de 300 mètres, de sorte qu'au point de vue de l'exploitation la mine est partagée en deux grands quartiers, quartier de l'est et quartier de l'ouest, ce dernier étant desservi par les deux puits Marguerite et des Zagots.

Dans le quartier de l'est on exploite actuellement les deux couches Crot-Benoît, et dans le quartier de l'ouest le groupe des couches Blards qui donnent les meilleurs charbons.

Le bassin houiller de Decize est haché d'accidents nombreux. Ces accidents peuvent se partager en trois classes :

1° Des failles proprement dites, très rares, les postérieures aux dépôts jurassiques, les autres pr miennes et s'étendant sur de grandes longueurs;

2° Des failles limitées extrêmement nombreuses, développées en direction et n'affectant en hauteur partie du faisceau des couches. Parmi ces dernièr faille du Berger joue un rôle important dans l'ex tion des quartiers du puits des Zagots et du puits guerite ;

3° Des accidents, que les mineurs appellent d *rées*, qui sont très fréquents et difficiles à traver couche disparue y est remplacée par des débris ch neux recouverts de terrains dont la place dans la tion est indéfinissable.

Les portions stériles dues aux accidents parta couches de combustibles en lambeaux irréguliers, tuant ce que l'on appelle à La Machine des *rues* de bon. Nous donnerons une idée de la multiplicité rues en disant que le tiers à peu près du personnel mine est occupé à des recherches ayant pour but verser les accidents pour retrouver et étudier les qui ne sont pas toujours exploitables, et constitue tant de quartiers différents d'exploitation. Il en que les travaux sont nécessairement disséminés une très grande étendue (5.000 mètres E.-O., 2.000 N.-S.).

La méthode d'exploitation est celle des tailles santes avec foudroyage du toit : à partir d'un plan on mène des galeries de niveau tous les 10 mètres s le pendage ; ces galeries étant poussées jusqu'à tres environ, on dépile en revenant vers le plan av fronts de taille de 10 mètres et on laisse tomber derrière soi.

II. Description des quartiers atteints par l'accident.

L'accident du 18 février a eu pour point de départ le tirage de deux coups de mine à la poudre noire dans un des chantiers du champ d'exploitation du puits Marguerite. En dehors des désastres causés directement dans ce quartier, les gaz toxiques sont allés, en suivant le courant d'air, faire de nombreuses victimes à 660 mètres du premier chantier dans un quartier dépendant du puits des Zagots.

Le puits Marguerite (Pl. XI) a 400 mètres de profondeur. A la profondeur de 307 mètres un accrochage donne accès à un travers-bancs, qui, se retournant vers le nord-nord-est, vient retomber, après un parcours de 1.170 mètres, sur une galerie de roulage percée dans la couche 2e Blard à 300 mètres de profondeur et qui aboutit au puits des Zagots.

De l'accrochage du fond, à 391 mètres de profondeur, deux travers-bancs partent du puits, l'un vers le nord, l'autre vers le sud. Le travers-bancs nord se bifurque à 145 mètres de l'accrochage en *a*. La branche qui part vers l'ouest donne accès dans un quartier d'exploitation de la 1re Blard dont les chantiers se trouvaient, au mois de février, entre le niveau de 350 mètres et la faille du Berger.

Le travers-bancs qui continue vers le nord rencontre en *b*, à 450 mètres du puits, la couche 1re Blard derrière l'accident xy. De ce point partent, à droite et à gauche, deux galeries horizontales dans la couche, dont l'une à gauche vient buter à 25 mètres contre l'accident, et l'autre à droite rencontre au bout de 80 mètres un second accident. Il y a donc, entre cette galerie située à la profondeur de 384 mètres et les travaux dépilés, un lam-

beau d'une longueur de 105 mètres en direction
base. Les traçages y ont été faits, comme dans le
reste de la mine, à l'aide de montages et de galeries
niveau; mais pour l'exploitation, au lieu de faire
cendre le charbon abattu jusqu'à la galerie de
sur des plans inclinés automoteurs, la forte inclinaison
de la couche dans cette région (0^m,50 à 0^m,60 par
et la difficulté d'y conserver les plans en bon état
tretien ont conduit à leur substituer des couloirs.

Les montages, de 3 mètres de large, ont donc été
en deux parties dont l'une, dite chemin de pied,
passage des hommes et l'autre, garnie de planches,
stitue le couloir qui sert à la descente des charbons
l'on y jette des chantiers supérieurs. Le 18 fév
les charbons provenant des chantiers de dépilage
étaient amenés par les galeries de niveau jusqu'au
loir 2; on les jetait dans ce couloir à l'extrémité
ils étaient reçus par les rouleurs qui les conduisaient
jusqu'au couloir 1. Par ce couloir ils arrivaient au
de 384 mètres où se formaient les convois de
allant au puits. Les charbons provenant des deux
tiers de dépilage f, situés à droite du travers-bancs,
vaient également au niveau de 384 mètres par les
loirs 3 et 4.

La galerie ii, qui fait partie des galeries de traçage
quartier, se continue par le montage ij, la galerie
niveau jj, le montage jk, la galerie kk et vient
par le dernier montage kl dans le travers-bancs
du niveau de 307 mètres du puits Marguerite et abou
sant à la galerie de roulage de 300 mètres du puits
Zagots.

En face du point d'intersection de ces deux galeries
un plan incliné P montait dans la couche 2e Blan
était flanqué à droite et à gauche de deux montages
servant au passage des hommes et à l'aérage et des

vait un quartier compris entre la galerie de roulage et la faille du Berger. Le quartier comprenait trois dépilages *mnq;* partout ailleurs on était en traçage.

Aérage. — L'aérage se fait naturellement dans tous les quartiers de la mine.

Le puits Marguerite est un puits d'entrée d'air. Le courant descendant se partage à 400 mètres de profondeur en deux courants allant l'un au nord et l'autre au sud.

Une expérience anémométrique faite quelques jours après l'accident a donné 4^{m^3},272 pour la quantité d'air traversant par seconde la section du travers-bancs nord (*). Au branchement *a* une porte oblige l'air à s'engager dans le travers-bancs ouest; il en passe pourtant une quantité notable sous la porte, 1^{m^3},107 à peu près par seconde, d'après un jaugeage anémométrique fait à la même date. A une petite distance, l'air, qui s'est d'abord engagé au fond du puits dans le travers-bancs sud, pour aller aérer un chantier au rocher, revient, par des galeries qui ne sont pas indiquées sur le plan de la Pl. XI, s'ajouter dans le travers-bancs nord à la quantité d'air passant sous la porte. On obtient ainsi un total de 3^{m^3},289 d'air traversant par seconde la section du travers-bancs avec une vitesse de 1^{m},28 en moyenne. Arrivé en *b*, le courant se partage en deux branches : l'une va vers la gauche, monte le couloir 1, suit les fronts de taille *cde* et arrive dans la galerie *ii*. L'autre se dirige à droite, monte le couloir 3 et se réunit à la première dans la galerie *ii*.

Dans toute cette région l'air circule librement sans

(*) Température extérieure, + 1°. Hauteur barométrique extérieure, 745^{mm}. Température extérieure, + 15°. Hauteur barométrique intérieure, 780^{mm}.

qu'aucune porte l'oblige à passer d'un côté ou d'un
Les galeries supérieures sont en communication par
enlevures de distance en distance avec la galerie
courant d'air vient déboucher par la remonte *kl* des
travers-bancs venant du niveau de 300 mètres du
Marguerite. Des pertes ont été occasionnées sur
parcours par filtrage à travers les vieux travaux
mesures anémométriques faites après l'accident ont
tré qu'elles atteignaient $1^{m^3},189$ par seconde.

En *l* le courant d'air qui vient d'être suivi s'aj
l'air arrivant par le travers-bancs, et il sort, à l
de ce travers-bancs dans la galerie de roulage
2° Blard venant du puits des Zagots, $3^{m^3},35$ d'air
seconde.

Cet air vient aérer les travaux qui se trouvent
du travers-bancs de chaque côté du plan incliné
portes sont placées dans la galerie de roulage et
les galeries de niveau du traçage (Pl. XII, *fig.* 2):
d'air environ sortent dans la partie gauche de la
par suite de l'appel exercé par la Fendue des
(Pl. XI, *fig.* 1); $2^{m^3},80$ sortent à droite; l'appel d'air
déterminé par le puits des Coupes. Avant de gag
retour d'air le courant reçoit encore en M, O, N, une
taine quantité d'air ayant déjà parcouru d'autres
tiers du puits des Zagots (Pl. XI, *fig.* 1).

Les mesures anémométriques suivantes ont déter
l'importance de ces apports d'air nouveaux dans le
rant initial.

En T on a trouvé $2^{m^3},80$ d'air par seconde.
T_1 — $3^{m^3},60$ —
T_2 — $0^{m^3},80$ (par différence).

Les quantités d'air qui arrivent en O et N n'ont
été mesurées; on peut les évaluer approximativement
à $0^{m^3},500$ et $0^{m^3},700$.

Ces débits correspondent à des vitesses faibles à cause de la grande section des galeries : $1^m,20$ en moyenne dans la galerie d'arrivée d'air frais, et $0^m,60$ ou même moins dans les dépilages.

III. Circonstances de l'accident.

Le 18 février, vers deux heures et demie de l'après-midi, deux piqueurs travaillaient à l'avancement d'un montage A (Pl. XII, *fig.* 1) destiné à remplacer le couloir 2 sur lequel des dépilages allaient arriver. Le front de taille se trouvait à $3^m,65$ de la costresse et l'inclinaison du montage était de 30 degrés environ.

Pour abattre le charbon, assez dur dans cette partie de la couche, les ouvriers, après avoir creusé au pic vers le milieu de l'avancement une sous-cave de $0^m,80$ de profondeur, avaient préparé deux trous de mine mn, $m'n'$ (Pl. XII, *fig.* 3, 4) de $0^m,60$ de profondeur, l'un au toit et plongeant et l'autre au ras du sol. Après avoir fait la charge et allumé les mèches ils se retirèrent à quelques mètres dans la galerie, à droite et à gauche, pour empêcher que personne ne passât. Les deux coups partirent en débourrant et aussitôt les deux piqueurs se trouvèrent entourés de flammes. Ces flammes se propagèrent des deux côtés de la galerie brûlant les ouvriers qui travaillaient aux dépilages cde et plusieurs autres mineurs qui se trouvaient près de la gare en b. Les gaz suivant le courant d'air des deux côtés se réunirent dans les galeries supérieures g et i après avoir brûlé des ouvriers qui se trouvaient dans le couloir 3. Puis les produits de la combustion continuant de suivre le courant d'air vinrent passer dans les chantiers de traçage du plan P, déterminant la mort de tous les mineurs qui se trouvaient sur le parcours. L'air venant du puits des Zagots et qui se mélange à celui du puits Marguerite pour former le cou-

rant sortant au puits des Coupes, ainsi qu'il a été
qué plus haut, suffit à rendre le courant gazeux ino
Deux ouvriers travaillaient en effet dans la région
à gauche du travers-bancs allant au puits des Cou
dans une galerie aérée par le retour d'air, au delà
faille du Berger. Ces deux mineurs, sur le point de
leur travail, se sentirent subitement mal à l'aise et
dis ; l'un d'eux, en s'habillant, se trouva tout à fait
et son camarade partit en avant pour chercher du
cours; mais il n'avait pas fait 100 mètres qu'il
lui-même sans connaissance. Ils furent relevés
heures après, et revinrent promptement à eux lorsqu
furent portés à l'air frais; ils restèrent plusieurs
malades des suites de l'intoxication partielle dont
avaient été victimes.

Des fumées avaient également été entraînées dans
courant d'air suivant la galerie de roulage de 300
à gauche du point *l*. Un charretier conduisait un
vers le puits des Zagots, il vit venir les fumées et
temps de s'enfuir en abandonnant son cheval ; il
en passant des mineurs qui se trouvaient derrière
porte à l'extrémité *v* de la galerie *u v* (Pl. XI, *fig.*
tous descendirent par le plan *v x* et par diverses ga
jusqu'à l'étage de 400 mètres du puits Marguerite d'
gagnèrent la recette par le travers-bancs *a*. Le ch
abandonné fut retrouvé mort au point *u*.

Au moment de l'explosion, dans les parties voisines
chantier où elle se produisit, on s'aperçut seulem
d'un coup d'air. Les lampes furent éteintes à la rec
du puits Marguerite, ainsi que dans le travers-bancs
un nuage de poussières fut soulevé. On vit également
des poussières soulevées par le vent dans un chan
peu éloigné au sud du puits et communiquant avec
travers-bancs *a b*. Ce phénomène n'eut pas toutefois
intensité assez grande pour frapper d'une manière

ciale l'esprit de ceux qui le remarquèrent. Les uns l'attribuèrent à l'écrasement d'un dépilage, les autres à la chute d'une benne d'un étage supérieur dans le puits, d'autres enfin pensèrent qu'un des couloirs à charbon fermé à sa partie inférieure avait été ouvert et que tout le charbon qu'il contenait était tombé brusquement dans la galerie. Personne ne s'en occupa davantage.

Ce n'est que trois quarts d'heure après que le palefrenier qui se trouvait à l'écurie, située au croisement *a*, s'inquiéta de ne pas voir venir le charretier du quartier et allant à sa rencontre dans le travers-bancs *a b*, vit venir à lui deux hommes, sans lumière, criant et courant; c'étaient deux des blessés. Les huit blessés qui occupaient, au moment de l'explosion, les places figurées par des petits cercles sur la *fig.* 1, Pl. XII, purent presque tous revenir seuls au puits. Les cadavres des trente-cinq autres victimes furent retrouvées aux places indiquées par des + (*fig.* 1 et 2).

Une fois l'alerte donnée, le sauvetage fut conduit rapidement dans le quartier du puits Marguerite. Le palefrenier, après avoir accompagné les deux premiers blessés au puits, avertit deux mineurs travaillant dans le voisinage; ils ramenèrent les six autres blessés et parcoururent les chantiers *c d e* où ils ne trouvèrent que des cadavres. Les ingénieurs, qui avaient été prévenus, arrivèrent ensuite et dirigèrent les recherches des autres victimes dans la région; on ne fut arrêté que par un éboulement local aux dépilages *f*, d'où l'on ne put retirer les corps de deux piqueurs que vingt-quatre heures après.

Au puits des Zagots le sauvetage marcha moins vite. Les fumées remplissaient la galerie *l r;* on ne réussit à y pénétrer qu'au bout d'une heure après avoir refoulé le mauvais air en jetant des bâches d'eau dans le puits.

Les huit mineurs remontés vivants, succombèrent tous dans les trois jours qui suivirent l'accident.

IV. Constatations faites après l'accident.

La mine a très peu souffert et les effets dyn[illegible] de l'explosion ont été presque nuls. Les galeri[illegible] restées intactes au voisinage immédiat du mo[illegible] (Pl. XII, *fig.* 1) : les corps des mineurs y ont [illegible] trouvés à la place même qu'ils occupaient pen[illegible] travail ; l'un d'entre eux était assis dans le co[illegible] 50 mètres du montage et n'avait pas été dépl[illegible] bennes n'ont pas été renversées à la gare *b*. [illegible] que dans les galeries *i i* et *gf* que l'on a pu co[illegible] quelques éboulements en *αα*... Ils étaient peu im[illegible] et se trouvaient en des points où le boisage é[illegible] fatigué, la galerie étant déjà ancienne. Le passage [illegible] été intercepté, excepté en B et C. L'éboulement [illegible] traîné l'écrasement du dépilage *f* ; ainsi que nous l[illegible] dit plus haut, c'est le seul obstacle par lequel [illegible] arrêté dans le sauvetage. L'éboulement B s'est p[illegible] la traversée d'un accident dans la couche, c'est[illegible] en un point où les galeries sont difficiles à teni[illegible] état. On a trouvé en *r* et *v* les corps de deux [illegible] renversés sous leurs bennes.

Lorsqu'on arriva dans le quartier où avait eu l[illegible] cident, environ une heure après l'explosion, l'a[illegible] très respirable ; on ne constatait, à partir du p[illegible] qu'un peu d'odeur caractéristique de l'échauffement[illegible] houille.

Le chantier A lui-même n'avait subi aucune mo[illegible] tion ; on voyait la sous-cave telle que les deux p[illegible] l'avaient faite et les deux trous de mine débourr[illegible] la partie antérieure seule avait été arrachée sur [illegible] de long. Le sol du montage était couvert jusqu'à l[illegible] tresse d'une épaisseur de $0^m,20$ de menus.

Dans tout le quartier, y compris les galeries *ii*

d'abondantes poussières très fines, soulevées au moment de l'explosion, et des suies s'étaient déposées sur les cadres de boisage et sur les schistes du mur, dont elles ternissaient d'une manière caractéristique la surface polie. Nous avons été tout particulièrement frappés du changement d'aspect qu'a présenté après l'accident cette partie de la mine. En parcourant antérieurement les travaux de la mine de La Machine, et même après l'accident du 18 février, lorsque nous avons visité le quartier voisin de celui où a eu lieu l'explosion et où l'on exploite la même couche, nous avons remarqué que ni les chantiers de dépilage, ni les galeries ne donnaient l'impression d'une mine particulièrement poussiéreuse : la faible vitesse du courant d'air, $1^m,20$, ne suffit pas sans doute pour maintenir longtemps en suspension les poussières fines. Mais, si l'on vient à souffler sur une poignée du menu charbon qui se trouve dans les galeries voisines des dépilages, ou dans les dépilages mêmes, on voit s'en dégager une poussière fine assez abondante qui donne des étincelles en traversant la flamme d'une lampe à feu nu.

En approchant du chantier A on commençait à voir sur les bois dans la costresse, à gauche de la gare *b*, des globules poussiéreux cokéfiés, qui parsemaient les montants et le chapeau des cadres sur toute la hauteur de la galerie.

Jusqu'au couloir 1, ces globules cokéfiés se trouvaient placés du côté opposé à la direction du courant d'air, c'est-à-dire du côté d'où venait le courant déterminé par l'explosion. Dans le couloir 1, au contraire, les dépôts de coke, plus abondants, étaient tous fixés derrière les bois par rapport au sens de la propagation de l'explosion. Au sommet du couloir quelques cadres étaient garnis de véritables croûtes. Il en était de même dans la costresse, où se trouvait le chantier A; au voisinage immédiat du

montage A, il n'y avait pas trace de dépôts de ... gauche du montage, dans la galerie, les dépôts ... bois recommençaient, toujours du côté opposé à la ... tion du courant déterminé par l'explosion. L'impor... des dépôts de coke était plus sensible au pied d... loir 2 que dans le couloir 1. Les croûtes de co... voyaient encore dans la galerie jusqu'aux dépilages ... dans les dépilages et le long du couloir 2 (*).

A droite du travers-bancs *ab*, en allant vers le cou... aucun dépôt de coke n'était visible sur les cadres ... sage; il n'y en avait pas davantage dans le cou... Mais à quelques mètres à gauche du croisement d... loir et de la costresse *ii*, sur une longueur de ... d'une vingtaine de mètres, on constatait sur les bo... croûtes de coke assez abondantes; les dépôts s... formés du côté du courant venant du couloir 2. ... pôts de coke isolés paraissent témoigner d'une ... descence locale de l'inflammation de poussières; l... voisine a été le théâtre des seuls effets dynami... l'explosion : éboulements *α*, *α*..., B, C, bennes ren... en *r* et *v*.

Le rapport médico-légal de MM. les docteurs ... Dejean, de Decize, qui ont eu à examiner les cad... précisent à cet égard certains points intéressants.

Les cadavres retirés du puits des Zagots ne p... taient aucune trace de brûlures; les corps étaient ... verts de taches rosées, caractéristiques de l'empoiso... ment par l'oxyde de carbone.

Sur les quinze cadavres du puits Marguerite, ... haut du corps, depuis la ceinture et la tête, partie... protégées par les vêtements, portaient des brûlures ...

(*) Le jour où ces constatations ont été faites, des éboule... n'ont pas permis de les continuer dans la galerie *ei* imm... ment après le sommet du couloir 2.

la plupart superficielles et au deuxième degré; chez trois ou quatre individus seulement, elles étaient plus profondes et semblaient avoir touché le derme; la peau était un peu parcheminée; aucune de ces brûlures n'était capable de déterminer une mort immédiate. Comme au puits des Zagots, les cadavres étaient tachetés de plaques rosées (*).

Il est certain que la flamme a atteint le point *s*, à 180 mètres du chantier A par le chemin le plus court. En outre de l'examen général dont nous venons d'indiquer les résultats, les docteurs Gros et Dejean ont en effet procédé à l'autopsie des cadavres trouvés en *t* (Carré) et en *s* (Lavaut). Tous les deux présentaient des brûlures au deuxième degré, de tout le haut du tronc et de la tête, dont *les cheveux et la barbe étaient en partie brûlés* superficiellement; le reste du corps n'avait pas de brûlures et était couvert de plaques rosées. Le larynx, les bronches, la trachée ne portaient aucune trace de brûlures ni de boursouflures. Les docteurs Gros et Dejean ont conclu dans leur rapport que les brûlures de Carré et Lavaut paraissaient avoir été faites par une flamme passant rapidement, plutôt que par le contact de l'air porté à une haute température. Un troisième cadavre a été autopsié au puits des Zagots; il ne portait trace d'aucune brûlure et présentait tous les caractères de l'empoisonnement par l'oxyde de carbone. Afin de confirmer cette conclusion de leur rapport, les docteurs Gros et Dejean ont envoyé à M. le docteur Brouardel, à Paris, des échantillons du sang de deux des individus qu'ils avaient au-

(*) Les médecins se sont attachés plutôt à des constatations générales dans cette première partie de leur rapport; il nous semble douteux que la flamme soit allée jusqu'aux dépilages *ff*. Les brûlures reconnues sur les corps de deux mineurs retrouvés en C (Pl. XII, *fig.* 1) peuvent avoir été causées par les gaz chauds qui sont passés en ce point.

topsiés; ces deux échantillons ont présenté avec égale netteté la réaction spectrale de l'oxyde de car. On avait trouvé, au cours du sauvetage, la plupart lampes allumées dans le quartier du plan P (Pl. XII, fi. On ne pourrait conclure de ce seul fait que le co gazeux était composé en majeure partie d'oxyde de bone : les lampes peuvent encore brûler, en effet, une atmosphère asphyxiante contenant 20 p. 100 cide carbonique (*). Les constatations des médecin éclairé la question de la composition des gaz de la bustion.

Parmi les blessés, ceux qui se trouvaient près gare *b*, à l'entrée du travers-bancs, ont été br seulement à la figure, mais aussi à la partie du corps; le charretier qui se trouvait en *b*, prêt avec son convoi, avait les deux jambes cru atteintes. Tout à côté, des vêtements suspendus des cadres de boisage paraissaient n'avoir subi atteinte de la flamme.

L'effet des gaz toxiques a été très rapide : deux de poste, revenant au puits des Zagots, se trou au point M (Pl. XI, *fig.* 1) au moment où arriv fumées; leur première idée fut que des barrages dans la galerie *l r*, pour isoler d'anciens travaux redoutait des échauffements, avaient crevé, et ils cipitèrent en avant dans les fumées pour voir le exact d'où elles partaient et faire évacuer les ch Ils avaient fait à peine 100 mètres quand ils s qu'ils ne pourraient pas aller plus loin; ils revinr courant vers l'air frais; mais l'un d'eux tomba au d'une dizaine de mètres; son camarade le saisissa un bras le traîna quelques pas; s'apercevant qu'il

(*) Rapport de M. Haton de la Goupillière au nom de la mission du grisou, p. 62.

faiblir à son tour, il le lâcha, et vint s'affaisser à 25 mètres du point M en poussant un cri de détresse qui fut heureusement entendu d'une équipe de mineurs arrivant par le travers-bancs; il fut sauvé; lecadavre de son camarade fut le premier que l'on rencontra lorsqu'on put s'engager dans la galerie.

Les fumées suivirent très lentement les galeries à partir du quartier de l'inflammation. On s'aperçut en même temps de l'accident au puits Marguerite et de l'arrivée des fumées au point M; il y avait trois quarts d'heure que l'explosion s'était produite; cela correspond à une vitesse de $0^m,40$ par seconde pour les fumées. Les ouvriers du quartier du plan P (Pl. XII, *fig.* 2) les virent arriver et purent essayer de se sauver : leurs cadavres furent retrouvés à quelque distance des chantiers.

Il est malheureux que l'alerte n'ait pu être donnée plus tôt; l'évacuation des chantiers de la 2ᵉ Blard eût été facile et eût sauvé la vie à vingt hommes.

V. Discussion des circonstances dans lesquelles s'est produit l'accident.

Depuis que l'attention a été attirée sur le rôle joué par les poussières de charbon dans les accidents de mine, des expériences nombreuses ont été faites sur ce sujet. La plupart des résultats ont été publiés ou résumés dans ces *Annales;* ils ont, comme on sait, donné naissance, en France, en Allemagne et en Angleterre, à des opinions peu concordantes, les uns admettant que les poussières sont susceptibles de donner naissance par elles-mêmes, et en dehors de la présence du grisou, à de véritables explosions, les autres les regardant seulement comme capables d'aggraver les explosions de grisou et d'en faciliter la propagation, ou du moins comme ne pouvant donner lieu qu'à des inflammations peu étendues.

La discussion ouverte sur la question donnait un
rêt particulier à l'étude attentive de l'accident de la
chine.

Preuves de l'absence du grisou. — Il était imp
de rechercher tout d'abord si la présence de gris
de tout autre gaz combustible n'avait pas pu pro
l'accident.

Il n'y avait jamais eu d'incendie dans la région
moindre échauffement dans les vieux travaux du
nage; parmi les gaz combustibles qui peuvent se
dans une mine, le grisou seul était donc à recher

La mine de La Machine est exploitée depuis le com
cement du siècle. Dans cette période on a reco
tous sens et d'une extrémité à l'autre du bassin,
la profondeur de 400 mètres, l'ensemble des couches
l'on exploite. On n'a jamais eu qu'une seule fo
flambée de gaz dans les circonstances suivantes.

Dans le but de rechercher une lentille de ch
abandonnée dans de vieux travaux, on avait fait une
lerie montante à partir du niveau de 96 mètres. À la
fondeur de 72 mètres on perça dans de vieux trava
l'on se trouva en présence d'une venue d'eau assez
sidérable arrivant par tous les anciens puits qui
la surface du sol comme une écumoire sur les a
ments (*). Deux ans plus tard on se proposa de
galerie abandonnée pour diminuer l'arrivée de l'eau
durant les grandes pluies, sortait comme un fleuve
puits Marguerite. Pour faciliter l'arrivée à pied d'
des matériaux on essaya, en contournant les
travaux, d'aller percer au pied d'un ancien puits

(*) On compte plus de quarante petits puits sur une supe
de 20.000 mètres carrés; ils sont percés dans le grès dur form
le toit de la couche Haute-Meule et sont encore assez ouvert
pour permettre une infiltration abondante des eaux.

6 mars 1885, le montage fut de nouveau envahi par les eaux à 59 mètres de profondeur.

Le dimanche 8 mars, deux chefs de poste voulant se rendre compte, par curiosité, de l'état des lieux, se rendirent dans le montage ; leurs lampes à feu nu provoquèrent l'inflammation, sans explosion, des gaz qui se trouvaient au sommet, et ils furent grièvement brûlés ; ils se remirent d'ailleurs de leurs blessures.

Il ne paraît pas douteux que le dégagement de gaz qui s'est produit dans les conditions que nous venons d'indiquer, à une faible profondeur, dans une région presque entièrement dépilée et alors que dans de nombreux percements analogues on n'avait jamais rencontré rien de semblable, ne doive être considéré non comme un dégagement de grisou, mais comme un dégagement de gaz des marais. Ce gaz provenait vraisemblablement d'une poche remplie d'eau depuis longtemps et au fond de laquelle se trouvaient de vieux bois, du charbon, des détritus organiques. Ce fut là la conclusion de l'enquête que provoqua l'accident. On cite en outre le témoignage d'un mineur qui aurait vu un feu follet dans le montage avant l'arrivée des deux chefs de poste.

Il est donc acquis que, jusqu'au 18 février 1890, il n'y a pas eu une seule flambée de grisou dans les travaux de la mine de La Machine. Or, les accidents géologiques du gisement d'une part et la méthode d'exploitation d'autre part, devaient créer des conditions extrêmement favorables à l'accumulation de ce gaz en certains points, et quand bien même il ne se fût dégagé de la houille qu'en faible proportion, il eût été surprenant que des mélanges inflammables ne se fussent pas formés localement et allumés soit à la flamme des lampes, soit à celle des coups de mine.

Nous avons fait ressortir en effet la multiplicité des accidents qui hachent les couches exploitées à La Machine :

failles proprement dites, failles limitées, ou serrées crevasses produites dans les dépôts houillers par accidents, leur remplissage perméable, formé d'un chevêtrement de grès, schistes et schistes gréseux, bleraient devoir constituer dans une mine grisou des réservoirs de grisou sous pression. Les failles permiennes et les serrées, qui sont de beaucoup les fréquentes, seraient surtout à ce point de vue dangereuses parce qu'elles sont limitées en hauteur.

Or, ni dans la méthode d'exploitation, ni dans l'a gement du courant d'air on n'a jamais été conduit, Machine, à prendre les précautions qui eussent cessaires dans un gîte grisouteux, particulièrement traversée des accidents. L'absence de tout incident met donc d'affirmer que, jusqu'au 18 février, il n'y pas de grisou dans la mine.

Quelque doute pourrait rester dans l'esprit, si la d'où est partie l'inflammation constituait une vierge profonde dans laquelle on aurait pénétré première fois.

Il n'en est pas ainsi; on avait déjà conduit des çages sur 50 mètres en aval-pendage à l'ouest et même couche. Le quartier du chantier A (Pl. XII. se trouvait en fin de dépilage. Les deux galeries veau, que devait rejoindre le montage A, avec leurs vures d'air, le montage 1 et son conjugué avaient entièrement tracés du mois de mars au mois de mai c'est-à-dire près d'un an avant l'accident. Comment mettre, si l'on se trouvait exceptionnellement dans région grisouteuse de la couche, qu'aucun dégagement gaz inflammable, drainé dans les premières galeries cées, ne se soit manifesté dans un cul-de-sac pendant quadrillage? Si, malgré l'invraisemblance de l'hypothèse nous admettons que le chantier A était rempli d'un lange inflammable de grisou et d'air, comment expliquer

que les lampes des deux piqueurs n'y aient pas mis le feu plus tôt, d'autant plus que pour percer le trou de mine *mn*, l'un d'eux a dû accrocher sa lampe au chapeau d'un des cadres de boisage?

L'hypothèse d'un dégagement subit de grisou analogue à ceux qui se produisent dans quelques mines sous l'influence de pression élevée du gaz, serait purement gratuite et bien invraisemblable dans les conditions qui viennent d'être décrites.

L'absence du grisou après l'accident a été vérifiée avec beaucoup de soin. Une heure après l'explosion on parcourait toute la région avec des lampes à feu nu pour le sauvetage; le lendemain, le chantier fut exploré à l'aide d'une lampe Mueseler, et à diverses reprises durant le mois qui suivit on examina, à la lampe Pieler, non seulement le quartier de l'accident, mais aussi les chantiers du quartier voisin, à l'ouest, dans la même couche. Ces recherches ne décelèrent pas la présence du grisou. L'examen fait, tant à Paris qu'à Saint-Étienne, d'échantillons d'air pris dans la mine, a également démontré l'absence du gaz inflammable.

Cause première de l'inflammation. — Il ne paraît donc pas douteux que l'accident doive être uniquement attribué à une combustion spontanée des poussières de houille. Nous avons vu que des hommes avaient été brûlés à 180 mètres du point où les deux coups de mine avaient été tirés. Cette longueur de flamme est tout à fait remarquable, si l'on se rappelle que parmi le petit nombre d'accidents que l'on avait pu attribuer d'une manière certaine à la même cause, la flamme n'avait pas dépassé 30 mètres. Nous expliquerons plus loin qu'il semble y avoir eu une interruption de la flamme sur ce long parcours. Il est important d'insister d'abord sur l'intensité de la cause première du coup de feu.

Cette cause a été le débourrage simultané des coups de mine chargés à la poudre noire et [illegible] *mn*, *m'n'* (Pl. XII, *fig.* 3, 4). A l'inspection du chantier après l'accident, on constatait que la sous-cave [illegible] suffisamment profonde, n'était pas assez dégarnie [illegible] et à gauche ; les deux trous de mine étaient mal [illegible] pour un bon abatage ; celui du toit se trouvait trop [illegible] cliné et celui du mur pas assez. Les deux ouvriers [illegible] chantier étaient réputés bons piqueurs ; il est à présumer que, pressés de remonter au jour, ils apportèrent quelque négligence dans leur travail, tout en [illegible] abattre le plus possible pour augmenter leur journée [illegible] lendemain. On a trouvé dans le chantier leur [illegible] poudre absolument vide ; il est probable qu'ils [illegible] dirent compte de l'insuffisance de leur sous-cave [illegible] suivant une idée fausse, mais qui devait naturellement se présenter à leur esprit, ils chargèrent dav[illegible] leurs coups et y mirent tout ce qui leur restait de [illegible] touches.

Les deux coups débourrèrent à la fois. Il est [illegible] d'admettre qu'ils partirent avec une simultanéité [illegible] lue ; il est probable, au contraire, que le coup [illegible] partit le premier ; les gaz de la poudre soulevèrent [illegible] nuage de poussières fines contenues dans la masse [illegible] menus qui couvrait le sol du chantier jusqu'à la [illegible] tresse, et les enflammèrent ; le second coup, parti [illegible] médiatement après, traversa le mélange d'air et de poussières déjà porté à une très haute température et [illegible] soulever un peu plus loin un nouveau nuage de poussières. La succession des deux coups de mine a mis [illegible] caniquement en suspension dans l'atmosphère, au [illegible] sinage immédiat du chantier, une grande quantité [illegible] poussières. La proportionnalité de l'intensité du coup [illegible] feu à l'intensité de la cause soulevant les poussières [illegible] pas échappé dans les expériences de MM. Vital, Gallo[illegible]

l, Mallard et Le Châtelier. Mais en outre du soulève-t mécanique des poussières, qu'il est permis de con-rer ici comme sensiblement égal à celui qu'aurait né un seul coup doublement chargé (*), et peut être ; grand par suite du brassage plus énergique provoqué les deux coups croisés, il faut considérer l'impor-ce de la surélévation de température produite par la erposition des deux effets.

,a dilatation des gaz et par suite le volume de la ame ont dû en être considérablement augmentés (**).

Composition chimique et propriétés de la houille de :ize. — Les diverses expériences sur l'inflammabilité poussières n'ont pas éclairé la question de l'influence la composition chimique de la houille. L'analyse d'un ıantillon pris dans le chantier de l'accident a fourni ır la houille de La Machine la composition suivante :

Composition immédiate.

Matières volatiles	32,00
Carbone fixe	60,09
Cendres	7,91

*) A La Machine, on se servait de poudre noire comprimée en .indres de 33 grammes. Les coups étaient chargés avec quatre cinq cylindres, quelquefois six.

Il est probable que les deux piqueurs du chantier A ont mis ıs de 200 grammes de poudre dans chacun de leurs coups.

(**) MM. Marreco et Morrison avaient constaté l'aggravation qui sulte de la succession rapide de deux coups de mine dont l'un ulève les poussières, tandis que l'autre y met le feu lorsqu'elles nt déjà en suspension (Rapport de M. Haton de la Goupillière, 60).

On peut citer également l'accident du 8 février 1871 au puits .inte-Marie de Blanzy, dans lequel deux cartouches formant une ıarge totale de 45 grammes seulement au fond d'un trou de ine, partirent *successivement* et produisirent une flamme de ı mètres de long.

Composition élémentaire.

Carbone	79,65
Hydrogène.	4,83
Oxygène.	5,55
Azote.	0,87
Soufre	1,16
Cendres	7,91

Distillation.

Gaz.	15,11
Goudron.	10,15
Eau ammoniacale.	6,71
Carbone fixe.	68,00

C'est un charbon gras assez riche en oxygène.

La Commission prussienne, à la suite de ses e[illegible] riences, a émis l'hypothèse qu'un rôle prépondéra[illegible] vait être joué par la rapidité avec laquelle la houi[illegible] à distiller.

Les houilles de Decize paraissent jouir en effet [illegible] propriété de distiller rapidement. A défaut d'expér[illegible] précises sur ce point, on peut dire que cette qu[illegible] fait demander par certaines usines à gaz, bien que [illegible] qu'elles produisent ne soit pas très éclairant, par [illegible] de la forte teneur en oxygène; on les mélange [illegible] d'autres houilles lorsqu'il s'agit de produire vite.

Cette propriété devait avoir pour conséquence la [illegible] mation de cokes accusant une perte importante e[illegible] tières volatiles. C'est en effet ce qui a été vérifié [illegible] croûtes recueillies sur les bois dans la costresse [illegible] (Pl. XII, *fig.* 1) ont donné à l'analyse les résultats [illegible] vants :

1er échantillon.	Teneur en matières volatiles.	19 p. 100.	
2e	—	—	18 —
3e	—	—	13 —
4e	—	—	18 —

On voit que les poussières ont perdu plus du tiers des matières volatiles qu'elles contenaient ; on n'avait signalé jusqu'ici dans divers accidents que des pertes du quart environ. La perte brute a été à peu près égale à celle que la Commission prussienne a constaté dans ses expériences sur les poussières particulièrement dangereuses de la mine Pluto.

La mine était très sèche au moment de l'accident ; les abondantes efflorescences de sels ammoniacaux que l'on pouvait voir sur les bois, principalement dans le travers-bancs conduisant du puits Marguerite au quartier du chantier A, témoignaient de la sécheresse de l'air suivant les galeries et par conséquent de la sécheresse des poussières. Il faut ici faire remarquer que l'accident a eu lieu à une période de l'année froide et sèche ; M. Galloway (*) a fait ressortir la même coïncidence dans un certain nombre d'explosions survenues dans les houillères et y a vu une raison pour attribuer ces accidents, dans une certaine mesure, à l'influence des poussières de houille, la température extérieure ayant une action sur l'état hygrométrique des poussières.

Propagation de l'inflammation. — A partir du chantier A, la flamme s'est propagée des deux côtés dans le sens du courant d'air et en sens inverse. La chasse d'air a soulevé les poussières fines des galeries au-devant du mélange d'air et de poussières ayant pris feu dans le chantier. Ce nouvel aliment qui devait arriver à la flamme en assez grande quantité par suite de la présence des couloirs, naturellement très poussiéreux, paraît n'avoir eu qu'une influence secondaire sur l'intensité du phénomène. Les dépôts de coke semblent un peu plus importants, il est vrai, à la rencontre de la costresse *hh*

(*) Mémoire traduit par M. Chanselle. *Bulletin de l'industrie minérale*, 2e s., t. VII, 1878.

(Pl. XII, *fig.* 1) et des couloirs 1 et 2; ce fait peut s'expliquer simplement par la création, en ces points singuliers, de tourbillons diminuant la vitesse et favorisant le dépôt des poussières sur les cadres. La diminution progressive des poussières cokéfiées dans les deux couloirs à partir de la costresse confirme cette manière de voir.

La formation exclusive de croûtes de coke sur les faces des bois opposées au sens de l'onde d'explosion doit s'expliquer par la création de remous derrière la face que l'onde balayait violemment.

La flamme a descendu le couloir 1 ; à partir du bec de ce couloir, dans la galerie de niveau, les dépôts de coke sont de moins en moins apparents et disparaissent quelques mètres avant d'arriver au point *b*. Contrairement à ce qui a été constaté dans la galerie *hh* et dans le couloir, ils sont adhérents à la face des cadres de boisage qui regarde le chantier A. Cela peut s'expliquer par une diminution de vitesse dans la propagation du courant tenant en suspension les poussières enflammées après qu'il se fut brisé sur le parement de la galerie.

Par suite de cette diminution de vitesse, les poussières en suspension finirent par tomber; la flamme des gaz résultant de leur distillation s'abaissa; elle dut rester stationnaire dans la galerie avant de s'éteindre. Aussi, tandis que la propagation de la flamme avait été assez rapide près du point de départ pour que les mineurs fussent brûlés seulement à la partie supérieure du corps qu'ils avaient nue, et pas très profondément, le charretier qui se trouvait en *b* eut de fortes brûlures aux jambes; il est probable que la flamme passa assez lentement pour mettre le feu à ses habits. Les vêtements qui étaient suspendus dans la galerie étaient trop élevés, ils ne furent pas atteints par le feu. D'après cette manière de concevoir le phénomène, la flamme n'aurait pas dépassé le bas du couloir 3.

Ces explications paraissent confirmées par ce fait que les dépôts de coke, qui ont cessé avant le travers-bancs, n'ont pas repris dans le couloir 3, bien qu'il fût très poussiéreux.

La flamme, en suivant le courant d'air, à partir du chantier A, a balayé les dépilages *cde* et le couloir 2; les dépôts de coke cessent dans la galerie *ii*.

Il resterait à parler de deux faits qui ne trouvent pas leur explication dans ce qui précède :

1° Deux ouvriers, dont l'un se trouvait en *t* (Carré), dans le couloir 3, et l'autre en *s* (Lavaut), au sommet du même couloir, ont été brûlés ;

2° Des croûtes de coke aussi importantes que celles qui avaient été vues dans la galerie *hh* ont été trouvées déposées sur les bois, sur une vingtaine de mètres de longueur, à gauche du couloir 3 dans la galerie *ii;* ces dépôts ne se continuaient pas au delà vers le chantier A.

Nous admettons que les gaz résultant de la combustion des poussières, qui se réunissaient au croisement du couloir 3 et de la galerie *ii*, ont pu former en ce point un mélange explosif; la flamme directe des coups de mine a pu venir jusque-là; la longueur des galeries qu'elle aurait ainsi parcourue en remontant le couloir 1 et prenant la costresse *ii* dans le sens du courant d'air, ne serait pas en effet de beaucoup supérieure à celle sur laquelle nous avons pu la suivre en amont du courant d'air. Le mélange explosif s'est enflammé et la flamme de l'explosion s'est transmise aux poussières mises en suspension, en ce point en assez grande quantité, par suite du voisinage du couloir 3.

Cette explosion a donné une longueur de flammes très limitée et elle a occasionné les quelques effets dynamiques qui ont été constatés dans la galerie *ii*. Ajoutons que le sens des dépôts de coke, qui se sont formés sur les faces des cadres opposées à l'entrée du couloir, s'explique

comme précédemment en admettant que l'explosion soit partie du sommet du couloir. On a trouvé, à l'analyse de ce coke, qu'il contenait encore 25,5 p. 100 de matières volatiles; la proportion de matières volatiles disparues n'a donc été en ce point que de 1/4, ce qui s'explique par la propagation violente de l'explosion; le nuage poussiéreux, beaucoup moins épais en ce point qu'au chantier A, n'a provoqué qu'une combustion de poussières de peu d'étendue. Les deux mineurs dont nous avons signalé les brûlures, d'après le rapport médico-légal des docteurs Gros et Dejean, ont été atteints par la flamme de l'explosion et, bien que nous n'ayons pas d'autres indications précises sur ce point que les observations générales faites dans le même rapport sur l'ensemble des victimes retirées du puits Marguerite, il en a été de même probablement des deux ouvriers qui ont été retrouvés en *u* et *v* (Pl. XII, *fig.* 1). L'explosion explique également les quelques effets dynamiques signalés dans la galerie *ii* : chutes du toit et renversement de bennes sur les rouleurs en *v* et *r*. Elle peut aussi expliquer des fractures constatées par les médecins sur le cadavre de Carré retrouvé en *t*; il n'y avait aucun éboulement dans le couloir et il est peu probable que ces fractures se soient produites pendant le transport même du cadavre, car on n'avait qu'un très court chemin à faire pour l'amener à la galerie de roulage, d'où on a pu le conduire au puits dans une benne. On peut admettre au contraire que Carré, qui était occupé à faire couler le charbon dans le couloir 3, a été violemment projeté par l'explosion et que les fractures ont été une conséquence de sa chute.

A partir du chantier A, la flamme s'est propagée, sinon d'une façon absolument instantanée, du moins avec une grande vitesse. Le charretier qui se trouvait en *b*, a dit se souvenir d'avoir vu du feu et de la fumée autour de lui, d'avoir été bousculé et d'être tombé. Aucun de ceux

qui se trouvaient dans la même galerie près du travers-bancs n'a eu le temps de fuir.

Cette vitesse de propagation du coup de feu s'accorde bien avec l'influence prépondérante que nous avons attribuée à la dilatation des gaz. MM. Mallard et Le Châtelier ont trouvé en effet que la vitesse d'inflammation d'un mélange d'air et de poussières était très faible.

Résumé. — En résumé, on peut conclure de l'étude des faits, d'abord qu'il n'y a pas eu d'explosion à l'origine et, en outre, que l'inflammation des poussières a été limitée; la flamme ne s'est pas propagée indéfiniment sur toute la longueur des galeries dans lesquelles les poussières ont été soulevées, mais à partir d'un certain point elle s'est abaissée, puis éteinte.

L'inflammation successive des grains de poussières les uns par les autres paraît même n'avoir pas eu une grande étendue. Les deux couloirs 1 et 2 qui se trouvaient recouverts de poussières très fines de charbon auraient dû être en effet le théâtre d'une combustion particulièrement vive. Il n'en a rien été et les dépôts cokéfiés diminuent assez régulièrement d'un côté à partir du bec du couloir 2, et de l'autre à partir du croisement de la galerie *hh* et du couloir 1. D'ailleurs, d'une manière générale, l'importance des dépôts de coke ne semble pas en rapport avec la longueur parcourue par les flammes. Il faut donc admettre que les éléments prépondérants du phénomène doivent être recherchés au point de départ. Nous y trouvons, ainsi que cela a été expliqué précédemment, la production d'une flamme considérable résultant du débourrage simultané de deux coups de mine surchargés de poudre noire, cette inflammation soulevant sur une longueur de 4 mètres environ un nuage poussiéreux qui se trouve porté à une température élevée; les poussières distillent rapidement; une grande quantité de

mélange gazeux enflammé se dilate sous l'influence de la chaleur. En outre, par suite de circonstances spéciales, les gaz provenant de la distillation des poussières ont atteint sur un point une proportion assez élevée pour former un mélange explosif ; l'explosion qui se produisit provoqua une nouvelle inflammation de poussières peu étendue.

VI. Conclusions.

Quelles que soient les explications que l'on puisse donner de l'allure du coup de feu, le fait pratique indiscutable qu'a établi l'accident dont il vient d'être rendu compte, est le suivant :

Une mine non grisouteuse peut être le théâtre d'accidents graves provenant de l'inflammation des poussières par suite du débourrage des coups de mine chargés à la poudre noire.

Précautions à prendre contre les poussières. — Il convient, il est vrai, de ne pas exagérer le danger en présence duquel on se trouve ; les coups de poussières paraissent en effet ne devoir produire des catastrophes que dans des circonstances exceptionnelles, mais il suffit que ces circonstances aient pu se présenter une seule fois pour que le devoir des exploitants soit de prendre toutes les précautions dont l'efficacité aura été reconnue.

Arrosage. — L'arrosage permanent des galeries ainsi que des chantiers, au moment où l'on va faire partir un coup de mine, a été très recommandé par M. Galloway, en Angleterre ; la Commission française du grisou l'a indiqué dans les principes à consulter, chap. IV, § 39. Les expériences de la Commission prussienne semblent montrer que ce moyen est inefficace ; cette Commission trouve en effet que, pour obtenir une sécurité absolue, il

faudrait mouiller les poussières avec les 2/3 de leur poids d'eau. Il serait difficile d'arriver pratiquement à ce résultat. Mais M. Simon a trouvé que, lorsqu'on bourre un coup de mine avec des poussières humectées, la longueur de la flamme diminue plus rapidement que ne l'a indiqué la Commission prussienne; l'arrosage des poussières est donc une chose recommandable. Dans les mines non grisouteuses on en obtiendrait tout l'effet désirable en le limitant aux chantiers dans lesquels on doit tirer à la poudre; il n'en serait plus de même dans les mines grisouteuses où l'on peut craindre l'inflammation des poussières par la flamme d'une explosion de grisou; l'arrosage devrait s'étendre à toutes les régions poussiéreuses.

La précaution de déblayer le sol d'un chantier des menus qui peuvent le couvrir avant le tirage d'un coup de mine est nécessaire; l'interdiction du tirage simultané de deux coups de mine serait également désirable dans tous les cas, indispensable si l'un des coups est placé au ras du sol.

Mais toutes ces mesures ont un inconvénient commun à beaucoup d'autres; elles mettent la sécurité d'un grand nombre à la merci de la négligence d'un seul.

L'emploi d'explosifs incapables de provoquer l'inflammation des poussières est le seul moyen d'obtenir une sécurité absolue.

Explosifs de sûreté. — La question des explosifs effleurée d'abord par les Commissions française, anglaise, autrichienne et saxonne du grisou a été étudiée d'une manière plus étendue par la Commission prussienne, puis reprise par la Commission instituée en France par M. le ministre des travaux publics le 12 février 1887. Les beaux travaux dus à l'initiative de cette Commission (*) ont fait

(*) Rapports de M. Mallard, *Annales des Mines*, 5e livraison, 1888.

faire un pas décisif à la question. Les produits qui recommandés comme donnant une sécurité maxim les milieux grisouteux et *a fortiori* dans une atmos simplement poussiéreuse ont été reconnus d'un e pratique pour l'exploitation, et M. le ministre des vaux publics a pu, par une circulaire du 1er août prescrire d'en imposer l'usage exclusif aux mines souteuses et aux mines poussiéreuses dont les p sières sont inflammables.

M. Simon, dans des expériences faites à Liévin, sayé l'action des nouveaux explosifs, sur les pous seules. Après avoir obtenu des résultats négatifs en f détoner des coups bourrés, alors que dans les conditions il arrivait avec la poudre noire à des long de flamme de 60 mètres, il essaya l'action des coup bourrés, plus fortement chargés. Les résultats ob furent les suivants : des charges de 110 et 120 gra d'explosifs dont la température de détonation est rieure ou à peine supérieure à 1.500 degrés (expl coton, grisoutine B, grisoutine M, grisoutine F) p au fond d'un canon de 0m,80 de profondeur, *sans bou* n'ont pas donné de flammes dans un milieu poussié des charges de 120 grammes de grisoutine-gomme, la température de détonation est supérieure à 1.8 grés, ont donné, dans les mêmes conditions, une fla de 15 à 20 mètres.

La détonation d'une charge d'explosif *non bo* dans un endroit poussiéreux sera toujours un acci bien exceptionnel dans une mine. En supposant q puisse se produire, et si la différence entre les temp tures de détonation de 1.800 et 1.500 degrés n'est p assez considérable pour permettre d'affirmer que l'e de fortes charges d'explosifs, dont la température de

(*) *Annales des Mines*, 6e livraison de 1890.

tonation est inférieure à ce dernier chiffre, donnera une sécurité absolue, on peut dire du moins que les chances de danger en seront réduites à leur minimum. Dans ces conditions, il n'est pas permis d'hésiter.

Nous avons essayé de faire ressortir, au cours de cette étude, tout ce que l'accident de La Machine avait eu d'imprévu. Il y a trente ans, la descente du charbon dans la mine était assurée d'une manière normale par des couloirs; la mine était alors très poussiéreuse; aucun incident d'inflammation de poussières soit par un coup de mine, soit par une lampe à feu nu, n'a été signalé à cette époque. Depuis la substitution des plans inclinés aux couloirs, l'aspect de la mine avait tout à fait changé; dans la région même où a eu lieu l'accident, et où les circonstances locales avaient conduit à utiliser des couloirs, il eût été permis, à un simple examen de la mine, d'hésiter à la classer parmi les mines poussiéreuses. Rien ne pouvait conduire à penser d'ailleurs que les poussières de houille de La Machine fussent particulièrement inflammables. Il semble que dans de nombreuses mines les mêmes causes pourraient soulever et enflammer en un point déterminé un nuage de poussières, et nous avons montré que c'était là le véritable danger. Les propriétés de la houille qui sont en relation avec l'inflammabilité des poussières n'ont pu encore être mises en lumière; on en est réduit à des conjectures.

Dans quelques expériences que nous avons eu occasion de voir faire à Liévin dans l'appareil de M. Simon, nous avons été tout particulièrement frappé de ce fait, que la même expérience, répétée à quelques instants d'intervalle, dans les mêmes conditions, avec les mêmes poussières, donnait des résultats tout différents; tantôt la longueur de la flamme atteignait 60 mètres et tantôt elle était beaucoup moindre. La conclusion la plus vraisemblable de tout ce que l'on sait sur la question, c'est que

toute espèce de houille, pourvu qu'elle ne soit pa
chement anthraciteuse, est susceptible de donner
certaines conditions des poussières inflammables.

On devrait donc employer les explosifs de sûreté
la plupart des mines non grisouteuses, et les expl
auraient d'autant moins à hésiter à entrer dans cette
que ces explosifs paraissent avoir des avantages
poudre noire au point de vue du prix de revient de
tage (*).

Aérage. — Une des circonstances de l'accident
Machine ne peut manquer d'être remarquée; par
conditions particulières du courant d'aérage,
vriers surpris par les fumées, à 660 mètres du
départ du coup de feu et environ trois quarts
après le moment où il s'est produit, sont morts
sonnés par l'oxyde de carbone.

La possibilité, dans les mines non grisouteuses
dents provoquant en un point déterminé la pro
d'une certaine quantité d'air irrespirable, devrait
adopter, au même titre que dans les mines grisou
le principe de l'indépendance des quartiers au p
vue de l'aérage (**). Les coups de poussières, que l'
des nouveaux explosifs rendra presque impossible
sont pas d'ailleurs les seules causes qui puissent
naissance à une atmosphère irrespirable; les inc
et en particulier ceux qui prennent dans les bois
leries, ont causé des accidents graves (***). Ces inc

(*) Aussitôt après l'accident du 18 février les exploitants
cord avec l'Administration des Mines, ont substitué, à L
chine, l'usage de la grisoutine B à celui de la poudre
Cet explosif, que l'on emploie d'une manière courante
huit mois, a donné toute satisfaction au point de vue écono

(**) Voir *Principes à consulter*.

(***) A La Machine, un mois après l'accident qui fait l'obje
présente note, un incendie allumé par une lampe impru

peuvent se produire très facilement dans les mines non grisouteuses ; une lampe à feu nu a vite fait d'enflammer un boisage vermoulu et desséché ; le feu peut couver d'abord sans qu'on l'aperçoive, et se déclarer lorsque personne n'est plus là pour l'éteindre à son début.

L'aménagement rationnel du courant devrait également être poursuivi. Il aurait pour conséquence une utilisation plus complète du volume d'air dont on dispose.

Dans la partie de la mine de La Machine où s'est produit l'accident du 18 février, l'air circulait librement dans tout le réseau de galeries compris entre l'extrémité *b* du travers-bancs du niveau de 400 mètres et le point *l*, où le courant pénètre dans le travers-bancs du niveau de 300 mètres.

Le volume d'air passant en chaque point et en particulier dans la région d'où est parti le coup de poussières n'était donc qu'une fraction des $3^{m3},289$ qui traversaient par seconde le travers-bancs venant du puits. Il est permis de se demander si un aérage plus vif n'eût pas eu des chances de diminuer le nombre des victimes ; l'air arrivant en plus grande quantité eût agi par son volume pour diluer les gaz toxiques et par sa vitesse pour favoriser cette dilution en brassant les fumées et les entraînant rapidement. D'après le temps écoulé entre l'instant du coup de feu et celui où les fumées sont arrivées au point M (Pl. XI, *fig.* 1), on déduit qu'elles ont suivi les galeries de la 1re Blard avec une vitesse moyenne de $0^{m},40$ environ par seconde, qui doit représenter également la vitesse moyenne du courant d'air dans la région. Le débit d'air et la vitesse étaient donc réduits environ au

---

accrochée à un galandage en planches causait la mort de trois ouvriers, qui périrent asphyxiés par les fumées.

Nous citerons encore l'accident de la mine de Mauricewood, dont il a été rendu compte dernièrement dans ces *Annales* (3e liv., 1890).

tiers de la valeur initiale. Après les apports d'air pur en *l*, M, O, N, le courant n'était plus assez vicié pour provoquer la mort, puisque deux ouvriers qui se trouvaient sur sa route, et qui sont restés plus de deux heures sans connaissance à leur chantier, ont pu être rappelés à la vie; or, on peut calculer que la teneur pour 100, en gaz délétères, de l'air ainsi purifié était au moins égale aux 3/10 de la teneur de l'air débouchant en *l*. Il est donc permis de penser qu'un aérage procurant un débit trois fois plus considérable aurait pu atténuer la gravité de l'accident. Cette manière de voir parait confirmée par les places qu'occupaient les huit blessés (Pl. XII, fig. 1), parmi lesquels se trouvaient les deux piqueurs du chantier A, c'est-à-dire ceux qui se trouvaient le plus près du point de départ du coup de feu. L'air frais arrivant à eux plus vite et plus abondamment, l'action de l'oxyde de carbone n'a pas été assez prolongée, ni sa proportion dans l'air assez considérable, pour produire un effet immédiat.

NOTE

SUR

LA MISE EN COMMUNICATION PERMANENTE

DES

CAGES DE MINES EN MARCHE AVEC LE MACHINISTE

Par M. JANET, Ingénieur des mines.

La question de la mise en communication permanente avec le machiniste, des hommes circulant dans les cages de mines, intéresse au plus haut degré l'industrie des mines. Elle présente une certaine analogie, bien qu'offrant moins de difficultés, avec la mise en communication des trains de chemin de fer avec les stations.

On sait que, dans la plupart des mines, les signaux du fond sont transmis au moyen de longues tiges établies sur toute la hauteur du puits, pouvant être actionnées par des leviers installés à chaque recette, et agissant sur des timbres placés à la recette du jour et dans la chambre du mécanicien. Les divers commandements usuels pour faire arrêter, remonter ou descendre la cage, s'expriment au moyen d'un nombre plus ou moins grand de coups de sonnette.

Dans quelques compagnies, très peu nombreuses, Marles et Nœux (Pas-de-Calais), Blanzy (Saône-et-Loire), on se sert de signaux électriques ; quelquefois même on a recours au téléphone (Mines de la Perronière, Loire).

Mais quel que soit le système employé, on est obligé de se servir de la voix pour transmettre les signaux qu'il faut donner depuis la cage, lors des manœuvre dans les puits. Sans doute la voix humaine peut porter jusqu'à une grande distance, les puits de mines formant tuyau acoustique, mais les paroles cessent d'être distinctes, en sorte que le machiniste est exposé à mal interpréter l'ordre qui lui est donné. Lorsque la manœuvre se fait à une grande profondeur, les signaux sont adressés par l'intermédiaire d'un homme placé à la recette la plus voisine; mais on comprend facilement que cette transmission crée encore une cause d'erreur suppplémentaire.

Lors de la remonte du personnel, le signal du départ est donné au mécanicien par un chargeur d'accrochage; à la fin, lorsqu'il ne reste plus qu'un seul homme, celui-ci est obligé de donner lui-même le signal de son propre départ avant de monter dans la cage ; le mécanicien est ordinairement prévenu de cette situation, et sait qu'il faut attendre quelques instants avant de mettre sa machine en marche; mais, s'il obéissait trop vite à l'ordre reçu, le chargeur d'accrochage pourrait être surpris au moment où il est en train de monter dans la cage, et serait infailliblement tué.

Les mêmes circonstances dangereuses se produisent toutes les fois qu'on part d'un étage abandonné, où il n'y a pas de chargeur d'accrochage, et où l'on est obligé de donner soi-même le signal de mise en marche.

Indépendamment de ces cas qui se présentent à chaque instant dans la pratique des mines, on pourrait citer un grand nombre de circonstances imprévues, où une communication entre les cages et le machiniste aurait évité de graves accidents. Si un puits est subitement envahi par des gaz irrespirables, grisou, acide carbonique ou oxyde de carbone, alors que des hommes descendent par la cage, ils ne peuvent se faire remonter et risquent de périr par

asphyxie. Lorsqu'une cage vient à dérailler, la possibilité de transmettre au machiniste un signal d'arrêt peut sauver la vie de plusieurs ouvriers.

C'est précisément à la suite d'un accident de cette nature que l'attention de la compagnie des mines d'Anzin (Nord) a été attirée sur cette question. Le 27 février 1885, à la fosse Saint-Mark, appartenant à cette compagnie, la cage montante dérailla en passant à une recette où les guidages étaient interrompus, et vint heurter violemment la cage descendante, ce qui détermina la rupture du câble et la chute au fond du puits des quatre hommes qui se trouvaient dans la cage.

La solution mécanique, consistant à placer assez près de la cage le câble servant à transmettre au machiniste les signaux du fond, nous paraît impraticable. Elle offre le grave inconvénient de forcer les ouvriers à se pencher en dehors de la cage, ce qui n'est pas sans danger, même au repos, le départ pouvant être assez brusque pour qu'il n'y ait pas le temps de retirer le bras. Il est de plus très difficile de saisir ce câble lorsque la cage est en marche.

L'électricité seule semble susceptible de donner une communication constante.

Il s'agit, en l'espèce, d'actionner une sonnerie installée dans la chambre du machiniste, au moyen d'un manipulateur placé dans la cage.

L'idée la plus simple, indiquée par M. Boissau, ingénieur aux mines d'Anzin, consiste à utiliser le câble d'extraction pour former le circuit. On place un petit câble en cuivre, soigneusement isolé, dans un des torons du câble d'extraction (supposé métallique); le câble se prolonge du côté de la cage jusqu'au manipulateur ; du côté des bobines, il vient aboutir à un anneau métallique M (Pl. XII, *fig.* 5) fixé par l'intermédiaire d'un anneau isolant, sur l'arbre des bobines. Le courant est recueilli au

moyen d'un ressort de friction R, communiquant avec l'un des pôles d'une pile P ; une sonnerie S est intercalée dans cette partie du circuit. Le retour s'effectue par le corps du câble d'extraction, dont on relie l'extrémité, par un bon conducteur, à l'arbre des bobines, ce qui complète le retour par la terre.

Malgré tous les soins apportés à la construction, l'isolement n'a pu être maintenu que fort peu de temps après la mise en service. L'examen du câble d'extraction, une fois retiré du service, a montré que beaucoup de fils de fer élémentaires étaient brisés, et que les pointes de ces fils avaient perforé l'enveloppe isolante du câble en cuivre.

Nous ne regardons pas néanmoins cette solution comme irréalisable dans la pratique, mais elle aura toujours le grave inconvénient de ne permettre aucune réparation, et lorsque l'isolement du conducteur intérieur n'existera plus, il faudra attendre la mise hors service du câble d'extraction ; or la durée de ces câbles est d'environ dix-huit mois. Cette solution ne paraît pas non plus applicable aux câbles non métalliques, la différence d'allongement entre le cuivre et l'aloès étant trop considérable pour qu'il n'y ait pas rupture des deux conducteurs auxquels il faudrait, en ce cas, avoir recours.

Il semble donc beaucoup plus rationnel de former le circuit au moyen d'un fil métallique suspendu librement dans le puits au voisinage de la cage. Ce principe a été appliqué d'abord par M. de Pélissot, ingénieur aux mines d'Anzin.

L'un des pôles d'une pile P (voir Pl. XII, *fig.* 6) communiquait avec le sol par l'intermédiaire du bâtis de la machine ; l'autre pôle était relié à une sonnerie S′ et au delà à un fil métallique *b b′* suspendu librement dans le puits; le fil n'était recouvert de gutta-percha qu'à son point d'attache ; ailleurs il était nu. D'un autre côté, la cage se

trouvait, par l'intermédiaire du câble métallique d'extraction *c c'* et d'un conducteur *d e*, partant de la bobine, en communication avec le bâtis de la machine, et par suite avec le sol.

On comprend facilement que si, tandis que la cage se déplace dans le puits, on pousse de l'intérieur de cette cage un verrou qui vienne toucher le fil, le circuit se trouve fermé.

Ce système a fonctionné pendant plusieurs mois à la fosse Vieux-Condé, appartenant à la compagnie des mines d'Anzin ; à la vitesse de circulation des hommes (2^m,50 environ par seconde), les signaux ont toujours été nettement entendus par le mécanicien. A une vitesse supérieure, les résultats étaient moins satisfaisants, le contact entre le balai frotteur et le fil métallique, étant parfois interrompu en raison des mouvements de lacet de la cage.

Avec des câbles en aloès, il faudrait deux câbles conducteurs et deux verrous.

Au point de vue de la sécurité, on peut reprocher à ce système de ne plus fonctionner en cas de déraillement, le verrou ne pouvant plus, par suite du déplacement de la cage, venir toucher le fil.

D'autres expériences ont été faites dans ces dernières années par M. Catrice, ingénieur civil à Péruwelz (Belgique), à la fosse Chabaud-Latour, de la compagnie des mines d'Anzin, et à la fosse Quiévrechain, de la compagnie des mines de Crespin (Nord).

M. Catrice a appliqué et rendu pratique un appareil reposant sur un principe analogue, indiqué par M. Chenet, ingénieur aux mines d'Anzin, et permettant de conserver la communication en cas de déraillement de la cage. Il a imaginé diverses dispositions de détail, parmi lesquelles la meilleure est celle qui a été appliquée à la fosse Quiévrechain, et que nous avons vu fonctionner

d'une manière satisfaisante, en juin 1890. C'est celle dont nous allons donner la description.

Les câbles d'extraction sont en aloès : l'appareil de communication est constitué par deux fils en bronze phosphoreux AA' (voir Pl. XII, *fig.* 7 et 8) de 4 millimètres de diamètre. Ces fils sont suspendus à des isolateurs en porcelaine, placés à environ 20 centimètres l'un de l'autre, à la partie supérieure du chevalement, au-dessous du palier de l'arbre des mollettes. Ces fils descendent verticalement jusqu'au fond du puits ; ils passent dans deux isolateurs perforés, placés également à 20 centimètres l'un de l'autre, un peu en dessous du dernier accrochage. Deux poids de 40 kilogrammes sont attachés à l'extrémité des fils, de manière à assurer leur tension régulière sur toute la longueur.

D'autre part, sur les cages, se trouvent deux poulies en fer B B', d'environ 20 centimètres de diamètre, distantes de 40 centimètres d'axe en axe, et isolées par des semelles en caoutchouc durci. Cette question d'isolement a une grande importance, car la majeure partie du système, se trouvant soumise à l'humidité du puits, est exposée à de notables déperditions d'électricité. Les fils suspendus viennent passer dans les gorges de ces poulies, et se trouvent ainsi constamment guidés par la cage.

Ces fils communiquent, au moyen de deux fils conducteurs, partant de leur partie supérieure, avec les deux piles d'une batterie de huit éléments Leclanché ; à l'état ordinaire, le courant ne passe pas, puisque les deux fils suspendus ne sont pas reliés entre eux. Mais si nous les réunissons d'une manière quelconque, nous fermons le circuit, et le courant qui se produit peut agir sur un appareil avertisseur. Pour obtenir ce contact, on dispose sur la cage dans le plan des deux fils, une tige métallique *de* d'une longueur d'environ 30 centimètres, portant des galets à ses deux extrémités et pouvant pivoter autour

d'un axe horizontal C′ perpendiculaire au plan des fils. Dans sa position ordinaire, cette tige est verticale, mais si, au moyen d'une poignée *f*, facile à manœuvrer de l'intérieur de la cage, on la fait tourner de 90 degrés, de manière à l'amener à la position *d′ e′*, les deux galets viennent en contact avec les fils et déterminent ainsi la fermeture du circuit et le passage du courant.

Les galets placés aux extrémités du manipulateur *de* ont pour but de substituer un frottement de roulement au frottement de glissement; à grande vitesse, le frottement de glissement produit des extra-courants qui peuvent paralyser le fonctionnement de l'appareil. La tige *d e* a une longueur supérieure de 10 centimètres à l'écartement des fils, en sorte que ceux-ci se trouvent un peu déviés de la verticale, ce qui assure parfaitement leur contact avec les galets. La flexion qui en résulte pour les fils, ne se produit que lorsque l'on adresse un signal; ceux-ci n'éprouvent par suite qu'une très faible fatigue, et peuvent durer fort longtemps.

Le courant agit sur une sonnerie S placée dans la chambre de la machine ; en outre, pour éviter les erreurs qu'un moment d'inattention du machiniste pourrait provoquer, on dispose devant lui un tableau indicateur des signaux transmis. Le tableau (voir Pl. XII, *fig.* 9) porte des chiffres de grande dimension, devant lesquels se meut une aiguille M; le mouvement est produit par un petit rochet, attiré par un électro-aimant, et s'engageant dans les dents d'une roue fixée sur le pivot de l'aiguille, de manière à la faire avancer à chaque contact d'une dent, ce qui correspond, pour la pointe de l'aiguille, à l'intervalle de deux chiffres.

Avant d'effectuer la manœuvre demandée, le mécanicien appuie sur une petite pédale P, placée au bas du tableau, pour déclencher l'aiguille qui revient automatiquement au zéro.

Avec un nombre de coups de sonnerie variant de six, on peut faire tous les signaux usuels, comme d'arrêter la cage, de la remettre en marche, de la monter ou descendre légèrement. Ainsi que nous l'a dit plus haut, la communication peut être utilisée d'une manière inopinée, en cas d'accident, soit réguliè ment, dans les visites de puits. Dans le premier cas le gnal transmis de la cage en marche est toujours un d'arrêt ; comme il peut être très urgent de réaliser arrêt, il importe qu'il soit commandé par un seul coup sonnerie. Pour les manœuvres de cage, au contraire a tout le temps nécessaire, en sorte que le nombre fois que doit être manœuvré le manipulateur pour le commandement que l'on désire n'a pas d'impor Il convient seulement, ainsi du reste que cela se pr pour les signaux venant des accrochages, que le m cien attende quelque temps avant d'exécuter l'ordre lui est transmis, afin d'être sûr qu'il n'y a plus de sonnerie à donner. De leur côté, les homm cés dans la cage doivent éviter d'envoyer un gnal avant l'exécution de la manœuvre qu'ils ont mandée.

Peut-être serait-il préférable, dans une installation finitive, d'inscrire en toutes lettres, sur le cadran, l' cation de la manœuvre correspondant à chaque de coups, de manière à éviter l'effort de mémoire doit faire le machiniste chaque fois qu'un signal lui adressé.

Il serait également utile, bien que cette question moins d'importance que pour les signaux venant des crochages, d'installer un second appareil à la recette jour, pour que les moulineurs soient avertis des vres commandées.

Les essais de communication ont donné des résul satisfaisants, même à la vitesse de circulation de

bustible, qui est de 6 à 7 mètres par seconde, alors que la vitesse réglementaire de circulation des hommes n'est que de $2^m,50$.

La communication serait maintenue en cas de déraillement d'une cage, à moins que celui-ci ne soit accompagné d'un choc assez violent pour déterminer la rupture des fils.

Un des points faibles du système est le contact des fils et des poulies placés sur les cages ; en raison du grand nombre de voyages effectués chaque jour, ces organes peuvent éprouver une certaine fatigue ; il est donc nécessaire qu'ils soient d'une construction soignée.

La présence de fils suspendus dans un puits n'est pas non plus sans inconvénients ; c'est une certaine gêne pour le service, et, lors des réparations du puits, on est exposé à les rompre.

Ce ne sont là que des inconvénients de peu d'importance, qu'il est facile d'éviter en prenant quelques précautions, et l'appareil peut fonctionner un grand nombre de mois sans qu'on ait besoin d'y toucher.

Dans les puits où l'on a recours à l'électrictité pour la transmission de tous les signaux du fond, on peut très bien se servir du même courant et de la même sonnerie.

Lorsqu'il n'y a qu'un niveau en activité, il est possible d'utiliser les fils donnant la communication avec la cage ; il suffit de les réunir, à leur partie inférieure, par un circuit pouvant être fermé au moyen d'un manipulateur placé à l'accrochage.

Il est préférable, lorsqu'il y a plusieurs niveaux en exploitation, d'employer des fils distincts pour chacun d'eux, de manière à pouvoir connaître chaque fois de quel accrochage est parti le signal.

Il est question d'installer au puits n° 1 *bis* de la compagnie des mines de Nœux (Pas-de-Calais) une communication électrique entre les cages et le machiniste, ana-

logue comme principe à celle de la fosse Quiévre
en même temps qu'entre le jour et les divers acc

Les divers systèmes que nous venons de déc
probablement susceptibles de recevoir encore q
perfectionnements ; ils suffisent néanmoins pour
que la mise en communication avec le machiniste
sonnel circulant dans les cages de mines, est pr
ment réalisable.

Quoiqu'il en soit, pour qu'un appareil de com
tion réponde au but proposé, il ne faut pas le co
comme ne devant servir qu'en cas d'accident, so
de s'exposer à le voir mal fonctionner, le jour
vient à en avoir besoin, mais bien l'utiliser réguli
pour les manœuvres de puits et les circonsta
l'emploi des signaux ordinaires offre certains da

LES SALINES ET LES PUITS DE FEU

DE LA PROVINCE DU SE-TCHOAN

Par M. Louis COLDRE, Missionnaire apostolique.

Depuis de longues années, et à diverses reprises, les missionnaires ont fait connaître sur les différentes provinces de la Chine tous les renseignements topographiques, ethnographiques, industriels ou autres, que les travaux de leur ministère leur avaient fourni l'occasion ou laissé le loisir de recueillir. C'est à eux qu'est due la première mention des puits salés du Se-tchoan, et pour le pays des *Puits de feu* en particulier, c'est à une lettre de M. Imbert, missionnaire du Se-tchoan, que se trouve tout entière empruntée l'exacte et succincte description mise par Pauthier dans son ouvrage sur la Chine (*Univers pittoresque*); les renseignements fournis par lui ont été également reproduits, *in extenso*, en ce qui regarde le sondage à la corde, dans certains ouvrages techniques(*), mais non parfois sans quelques réserves sur leur exactitude, réserves mal fondées d'ailleurs, comme on pourra s'en assurer par la lecture des pages qui vont suivre.

Chargé pendant quelques années du ministère dans les pays de Louy-Kiang qui fournissent le sucre, j'avais dans

(*) Le Chatelier, *Notice sur le sondage à la corde*, p. 2-5. — Degousée et Laurent, *Guide du sondeur*, I, p. 62; II, p. 3-8.

mon voisinage les pays de Tse-liou-tsin qui donn sel. J'ai pensé qu'une description de ce pays des P feu et des procédés chinois dans l'industrie sa offrirait quelque intérêt, peut-être même quelque j'ai profité de mes visites au vaillant confrère qui gélise ces pays pour étudier de près cette industrie lectures et autres recherches que j'ai entreprises sujet m'ont amené à joindre à la description de ce salifère un aperçu d'ensemble sur les salines de la province et sur la gabelle chinoise.

Malgré mes visites attentives aux salines, et re cherches dans les ouvrages chinois, bien des m'auraient échappé sans les remarques du P. Bo l'apôtre des salines depuis vingt ans, bien des ren ments n'auraient pu être complétés sans son obligeance, dont je lui exprime ici toute ma rec sance.

CHAPITRE Ier. — MESURES ET MONNAIES.

Dans le travail qui va suivre j'ai préféré me ser poids et des mesures des Chinois; mais les lect sauraient peut-être où trouver sur ce point des précises. Aussi, pour ne pas encombrer le texte tations, est-il nécessaire de donner quelques mots plication sur la monnaie des Chinois et leurs mesur longueur et de poids. J'y joindrai quelques réflexio le livre officiel des salines du Se-tchoan, le *Yen-* où j'ai pris les renseignements que je n'ai pu me pr rer *de visu et auditu*, livre dont les figures servir commentaire à mon texte.

Mesures de longueur. — Les livres européens ne cordent pas sur la longueur du *pied chinois*,

tche. Les uns disent 32 centimètres, les autres 35^{cm},8, d'autres 33^{cm},5. Tous ont raison et tous ont tort, au moins pour la pratique. J'ignore s'il existe quelque part un étalon officiel; mais, ce qui est certain, c'est que personne, au moins au Se-tchoan, n'est tenu de s'y conformer. Il y a donc différents pieds; voici la moyenne des principaux en centimètres :

Pied des tailleurs d'habits :	*Tsay-tche* . . .	= 36^{cm}
Pied juste :	*Kong-ngy-tche*.	= 35,5 à 35^{cm},8
Pied des menuisiers		= 33,3
Pied des tailleurs de pierre		= 30
Pied des vanniers		= 27

C'est le *pied des menuisiers* que je prendrai pour étalon chaque fois qu'il sera question de longueurs. Le système chinois étant décimal, on aura donc :

La ligne ou *Fen*.	= 0^{cm},33
Le pouce ou *Tsen*.	= 3^{cm},33
Le pied ou *Tche*	= 33^{cm},33
La toise ou *Tchang*	= 3^{m} ,33

100 tchang feront 333 mètres, et 300 tchang 1.000 mètres. Pour les mesures itinéraires, le *stade* ou *mille* chinois, appelé *ly*, vaut 720 pas ou 180 *tchang*. Il aurait donc théoriquement près de 600 mètres; mais, pour notre province, diverses estimations prises au podomètre ont montré que 10 *ly* ne font guère qu'une lieue commune de 25 au degré, soit 4.445 mètres.

Mesures de poids. — La livre chinoise, appelée *kin*, n'est pas plus uniforme que le pied : elle se compose de 16 onces ou *liang*. Les livres européens lui donnent une valeur variant entre 601^{gr},28 et 604^{gr},73, ce qui fait pour l'once un poids de 36^{gr},58 à 37^{gr},79. Au Se-tchoan, l'once n'est pas aussi forte; elle varie entre 35^{gr},8 et 36^{gr},2, ce qui donne, pour la livre de 16 onces, de 572^{gr},8 à 579^{gr},2. Outre cette différence provenant de la variation de l'once,

on trouve non moins de variété dans le nombre d'onces à la livre. La livre officielle ou commune est de 16 onces, mais il y a des livres de 18, 20, 22, 24 onces, suivant les marchandises, leurs lieux de fabrication et leur lieu de vente. Au-dessous de 16 onces, pour les denrées transportées loin de leurs pays de production, on trouve les livres de 14 et de 12 onces. Dans le même pays, pour certains commerces, la viande par exemple, le prix est invariable, mais suivant la hausse ou la baisse des prix du marché la balance varie de 11 à 20 onces.

Quand je parlerai de livres ou d'onces, c'est l'once *moyenne*, *officielle* ou *commune* du Se-tchoan, de 36 grammes, qui servira de base, donnant à la livre 576 grammes. A ce compte, le *tsien*, dixième de l'once, vaut $3^{gr},6$; le *fen*, centième de l'once, $0^{gr},36$. 100 kilogrammes représentent 174 livres; un kilogramme, $27^{onces},84$.

Valeurs monétaires. — La Chine n'a pas encore frappé de monnaie d'argent : ce métal se vend au poids ; il suit donc les variations de l'once ou *liang* qui se traduit alors par *taël*. Dans le commerce, l'argent se trouve ordinairement en *globules* d'environ 10 taëls, rarement plus, très souvent moins. Il se change directement contre marchandises pour le grand commerce, ou contre la *sapèque*, monnaie courante de la vie de chaque jour.

La sapèque est une monnaie de cuivre ou de laiton, ronde, percée d'un trou carré, coulée au moule, portant le nom de l'empereur, d'un côté en caractères chinois, de l'autre en caractères mongols. Cette pauvre sapèque, le cauchemar de tant de Chinois, a subi plus de vicissitudes que les autres mesures. Chacune a presque son aspect à part et il est difficile d'en trouver deux qui se ressemblent exactement. Néanmoins les bonnes sapèques valent pour le courant autant les unes que les autres, depuis les belles sapèques des anciens empereurs, en

cuivre rouge ou en laiton jaune, jusqu'aux raboteuses sapèques des derniers empereurs, mélange de sable et de laiton. Quant aux mauvaises sapèques, *mao-tsien*, coulées par les faux-monnayeurs, simple peuple ou mandarins, elles n'ont que demi-droit de circulation en se mêlant à leurs sœurs plus honnêtes.

1.000 sapèques, enfilées par paires de 100 sur deux ficelles parallèles réunies aux deux extrémités, composent une ligature.

10 taëls, suivant les fluctuations du change, se vendent environ de 14 à 18 ligatures. En prenant pour moyenne 16 ligatures, on estime que 10 sapèques valent 0f,05; une ligature, 5 francs; le taël, 8 francs; le globule environ 80 francs ; le *ouan* d'argent ou 10.000 taëls 80.000 francs ; le *ouan* de ligatures 50.000 francs.

Ces valeurs sont celles du change. Pour la valeur d'usage, il est certain qu'au Se-tchoan une ligature représente en denrées plus que 5 francs en France. On peut s'en rendre compte par l'énumération de quelques prix : la livre de farine vaut de 24 à 30 sapèques, la livre de viande de porc de 64 à 80 sapèques ; une poule de 120 à 150 sapèques, un canard de 60 à 80 sapèques, un pigeon de 20 à 30 sapèques; un ouvrier gagne 120 sapèques par jour, et peut vivre largement avec cela.

Le livre officiel des salines du Se-tchoan (*Yen-fa-tche*). — Ce livre a été édité, il y a quelques années, par le préteur Tin-pao-tche, vice-roi de la province. D'après les préliminaires, l'auteur a mis à contribution tous les anciens rescrits impériaux, toutes les histoires des différentes dynasties, tous les livres de géographie de chaque sous-préfecture, tous les anciens livres sur les salines, toute la collection des procès à propos du sel; il s'est fait aider dans son œuvre par vingt-six docteurs, licenciés, ou mandarins instruits dans la partie. Ce laborieux

enfantement a produit un ouvrage massif et lourd, com-
posé de vingt volumes, dépourvu d'ordre, rempli d'inu-
tilités et d'inexactitudes.

Les figures que j'ai tirées de ce livre (*) sont peut-être
ce qui s'y trouve de mieux ; mais elles ne sont qu'à moi-
tié chinoises. Le préteur Tin invita pour ce travail
premier artiste de la capitale de la province. C'est
chrétien nommé Ou, dont le talent naturel s'est développé
à l'école de quelques missionnaires ; grâce à leurs con-
seils, il a pris l'habitude de mettre dans ses dessins
peu plus de perspective qu'on n'en trouve habituelle-
ment dans les livres chinois.

CHAPITRE II. — Géographie de la région salifère — Régime légal.

Situation du Se-tchoan. — Le Se-tchoan est une des
plus vastes provinces de la Chine, confinant à l'ouest au
Thibet, au sud au Yun-nam et au Kong-tcheou, à l'est
au Fou-lan et au Fou-pe, au nord au Chan-si et au
Kan-sio.

C'est une province toute montagneuse, car la plaine
qui entoure Tchen-tou, capitale de la province, ré-
aux deux ou trois autres plaines plus petites qu'on trouve
ailleurs, n'est qu'un point imperceptible dans ce pays
où les grandes chaînes sont reliées entre elles par un
dale de montagnes qui ne soutient aucun plateau et
s'élargit pour aucune plaine.

Quand on considère le système des eaux de cette p-

(*) Des dix-sept planches du *Yen-fa-tche* annexées au manuscrit
du présent travail, neuf seulement, les plus intéressantes, ont pu
être reproduites ici. Elles figurent, réduites à demi-grandeur,
les Pl. XIII et XIV, et, quant aux dessins d'outils qui occupent la
Pl. XV, ils ont été reproduits aux trois cinquièmes de la dimension
des originaux.

vince, bassin supérieur du Fleuve Bleu, on constate qu'il a, dans son ensemble, une pente générale du nord au sud, aboutissant à la vallée du fleuve, qui emporte tout de l'ouest à l'est. Mais la hauteur respective des montagnes est loin de correspondre à cette inclinaison générale. A l'ouest, au delà de la rivière de Kia-tin (le Fou-ho) commencent les assises de cet amas infranchissable de pics aux neiges éternelles qui sont la base du plateau thibétain; au sud, la rive droite du Fleuve Bleu se relève presque subitement en hautes montagnes; dans le nord et l'est, toute la couronne de la province est composée de chaînes d'un même caractère, fortement découpées et d'une élévation considérable. Au contraire, le centre de la province présente un relief beaucoup moins accentué et une altitude générale inférieure.

La différence n'est pas moins grande entre la constitution géologique de cette région centrale et celle de la couronne. Tandis que celle-ci renferme des richesses minérales fort abondantes, avec un système de granite, de calcaire, de grès meulier, de grès carbonifère et de grès du lias, le centre appartient, par sa surface, au terrain tertiaire, composé de grès assez variés, les uns très friables, se délitant à l'air et à la pluie pour former de la terre végétale, les autres assez durs pour donner des pierres meulières ou des pierres de dallage. La couleur en est parfois jaune, parfois teintée de bleu ou de vert; le gris cependant domine. Le forage des puits fait constater que cette roche tertiaire de molasse est souvent d'une grande puissance. Très fréquemment on trouve immédiatement au-dessous le terrain triasique, grès bigarré ou marnes schisteuses, sans calcaire.

Contrairement à la couronne, ce centre est très pauvre en minéraux, sauf le sel. Mais les limites de la région salifère sont déterminées au sud par une chaîne qui doit attirer notre attention.

enfantement a produit un ouvrage massif et
posé de vingt volumes, dépourvu d'ordre
tilités et d'inexactitudes.

Les figures que j'ai tirées de ce livr
ce qui s'y trouve de mieux; mais ell
tié chinoises. Le préteur Tin inv
premier artiste de la capitale d
chrétien nommé Ou, dont le tal
à l'école de quelques missio
seils, il a pris l'habitude d
peu plus de perspective
ment dans les livres ch

CHAPITRE II. — G

... du

Situation du ... géologique,
plus vastes p ... mourir en quelque
Thibet, au ... soulèvements, à peu
au Fou-l ... deux fleuves cités plus haut.
Kan-sio

C'es ... — Presque toutes les salines se trou-
qui ... partie centrale de la province, bordée au
au ... cette chaîne, à l'ouest par la rivière de Kia-tin,
a ... rd par les premiers relèvements accentués des mon-
gnes. La vaste étendue de ce terrain salifère pourrait faire croire qu'une immense nappe salée s'étend sous toute la province. Cependant, c'est dans les environs des dernières ramifications de la chaîne décrite plus haut que se trouvent les deux principales régions salifères de la province. Mais tandis que celle de l'ouest, aux pays de Lo-chan et Kien-ouy, riche en puits salés, sans puits de gaz, n'offre aucune particularité qui la distingue de trois autres grands groupes salins (Chée-hong, Lan-pou,

Ta-lin) et de toute la région centrale, le pays des puits de feu (Fou-choen), situé à l'est de la chaîne, annonce, au simple aspect de sa surface, des différences très considérables avec les pays qui l'entourent. Les forages confirment cette donnée, car ils rencontrent des terrains d'une disposition tout autre que celle dont nous avons parlé pour la région centrale en général. Cela tient à des causes spéciales dont nous parlerons plus loin.

Groupes principaux. — La province est divisée en quatre grands gouvernements qui portent le nom des quatre points cardinaux. Nous allons les passer en revue, à partir de l'est, pour énumérer les sous-préfectures où se trouvent des puits salés.

Le Tchoan-tong ou l'*Oriental* a treize de ses villes sur le territoire desquelles on trouve des salines, mais le seul groupe de Ta-lin et Yun-yang est important. Au nord, près des limites du Chan-si, Tchen-keou-tin a quelques puits; nous trouvons ensuite Kouy-fou où les puits, exploitables seulement aux basses eaux, se trouvent dans le lit du fleuve; puis Ta-lin, Yun-yang, Kay-hien, Ouan-hien, Ta-tchou, Tchong-tcheou, Fou-tcheou et Pen-chouy. Un petit groupe de puits se trouve enfin plus à l'ouest dans les dépendances de Ho-tcheou, Ta-tsio, Tong-liang et Yun-tchang.

Le Tchoan-pé ou le *Septentrional* est beaucoup plus riche en sel que le précédent : presque toutes ses sous-préfectures contiennent des salines. Dans la préfecture de Tong-tchoan, le groupe des sauneries est des plus considérables; elles sont semées par tout le pays dans les huit sous-préfectures, que je nomme suivant l'ordre d'importance : Chée-hong, Pong-ky, San-tay, Lo-tche, Yen-tin, Tchong-kiang, Su-lin, Gan-yo. Cette région contient aussi quelques puits de gaz. Dans la préfecture de Pao-lin, Lan-pou renferme un groupe salin fort impor-

tant et Lang-tchong quelques puits. La préfecture de Chouen-kin a de nombreux puits dans la sous-préfecture de Sy-tchong, voisine de Lan-pou, mais Lan-tchong, Poug-tcheou et Yun-chan n'ont qu'un petit nombre de salines.

Le Tchoan-sy ou l'*Occidental* n'a que deux villes très éloignées l'une de l'autre dans la juridiction desquelles on trouve des salines : Kien-tcheou et Mien-tcheou. Le groupe de cette dernière a quelqu'importance, et le sel de la première passe pour le plus pur.

Le Tchoan-lan ou le *Méridional* possède les plus puits et les plus importantes salines : d'abord le groupe de Tse-liou-tsin et Kong-tsin sur les confins des territoires de Fou-chouen et Yun-hien. Là se trouvent les puits les plus profonds, au rendement le plus considérable ; là aussi les plus forts puits de gaz, que les Chinois nomment *Ho-tsin* (Puits de Feu) et auxquels nous conserverons ce nom. La préfecture de Tse-tcheou et ses sous-préfectures, Tse-yang, Louy-kiang, Jen- et Tsin-yen, ont aussi des puits salés. Un autre groupe très important se trouve dans la préfecture de sur les territoires de Lo-chan et de Kien-ouy. Les puits y sont un peu plus nombreux, mais plus disséminés, moins profonds et moins productifs que ceux de Fou-chouen. Enfin *le Méridional* compte encore un puits sur le territoire de Tchang-lin et un autre fort abondant sur les limites du Yun-nam dans la sous-préfecture de yuen.

Nombre et rendement des puits salés. — La plupart de ces salines sont des puits forés comme les puits artésiens, mais on n'en trouve qu'une vingtaine d'où l'eau jaillisse d'elle-même, avec cette particularité remarquable que, dans tous ces puits, le jet n'est pas perpétuel, mais intermittent. Dans les autres, il faut

chercher l'eau au fond du trou de sonde. Il y a cependant quelques exceptions : Yun-yang possède un puits, *Tamien-tsin*, et Penchouy deux puits, *Sin-hin*, *Tchen-hin*, creusés comme les puits ordinaires, et d'où l'eau peut se puiser avec des seaux mus par un treuil. A Ta-lin, ce n'est pas un puits, mais une vraie source salée qui jaillit toute l'année; en été, l'eau très abondante est trop peu saturée pour que l'évaporation donne un bénéfice; mais en hiver, la quantité diminue au profit de la concentration. La source entretient alors un millier de marmites et fournit seule un centre de production important.

La totalité des puits salés dont nous venons de voir la distribution atteint environ le chiffre de dix mille. Leur rendement est fort inégal : un des puits de Tse-liou-tsin donne par jour 350 grandes charges d'eau très saturée; d'autres, par exemple dans les pays de Pong-ky, ne donnent par jour qu'une petite charge d'eau moins saturée. Entre ces deux extrêmes, il y a toutes les variétés possibles de rendement. On se ferait donc une idée inexacte de la richesse salinière d'un pays en comptant seulement le nombre des puits.

Les grands groupes sont déterminés par la gabelle chinoise, qui en reconnaît *cinq*, où les impôts du sel sont centralisés avant de partir pour la capitale. Les voici dans leur ordre d'importance :

Fou-chouen et Yun-hien	avec centre de collection	à Fou-ngy-tchang;
Kien-ouy et Lo-chan		à Yun-tong-tchang;
Chée-hong et Pong-ky		à Hoa-tche-tchang;
Lan-pou et Sy-tchong		à Fo-hin-tchang;
Ta-lin et Yun-yang		à Yun-gan-tchang.

Bon nombre de salines, situées en dehors de ces dix sous-préfectures, se rattachent géographiquement à l'une des cinq régions. Les autres composent des groupes isolés beaucoup moins importants.

Pour évaluer la richesse relative des puits salés par

région, il suffit d'établir la proportion entre le nombre des puits et celui des marmites d'évaporation, en prenant pour type fixe celui des chaudières de Fou-chouen qui sont les plus grandes. On trouve ainsi qu'à Fou-chouen la moyenne est de 5 à 6 marmites d'évaporation pour un puits ; à Kien-ouy, 3 marmites pour deux puits ; à Yun-yang, Tse-tcheou, Lo-chan, une marmite par puits ; enfin à Chée-hong, Pong-ky, Lan-pou et la plupart des autres salines, il faut plusieurs puits pour entretenir une petite marmite de salinage.

Production annuelle. — Quant à la totalité du sel produit par toutes les sauneries, il n'existe aucune statistique à laquelle on puisse absolument se fier. Cependant on peut arriver à une évaluation très rapprochée de la vérité.

A une certaine distance des pays salifères, un Chinois de la campagne consomme en moyenne environ une livre de sel par mois, soit 12 livres par an. Avec les dépenses plus fortes des villes, des marchés et surtout des pays salins et circonvoisins, en joignant aussi le sel que consomme l'industrie chinoise, on peut porter la moyenne à 20 livres par an. Les salines du Se-tchoan fournissent le sel à toute la province, à une partie du Yun-nam, du Kouy-tcheou et du Thibet. C'est une population d'au moins 70 millions d'habitants, ce qui donne par an une consommation de 1.400 millions de livres, à peu près 812.000 tonnes métriques.

La France (marais salants et salines) produit 600 mille tonnes métriques pour une population moitié moindre ; mais l'industrie française emploie beaucoup plus de sel que l'industrie chinoise, à peu près nulle sous ce rapport. De plus le genre de nourriture européenne comporte une dépense de sel plus considérable que la cuisine chinoise, où, surtout dans les pays éloignés des salines,

on use du sel presque avec autant de parcimonie qu'on faisait du sucre en France il y a cent ans.

La moyenne de la vente du sel aux pays d'extraction, à 30 sapèques la forte livre, soit environ 20 sapèques la livre commune, donne comme valeur initiale du sel 28 millions de ligatures, ou 17.500.000 taëls d'argent (140 millions de francs). La difficulté des transports, les impôts, les transactions commerciales triplent certainement la moyenne du prix du sel; sa valeur aux pays de consommation dépasse donc 400 millions de francs.

Voilà une assez belle richesse. L'énumération des villes dans la juridiction desquelles se trouvent des sources exploitées nous a donné plus du tiers des sous-préfectures de la province. Encore est-il que dans beaucoup d'autres des sources salines très exploitables existent et ont été ouvertes; mais elles ont été fermées d'office par le gouvernement à la demande des pays d'anciennes salines défendant leur monopole pour éviter la concurrence.

Monopole du salinage. — Le gouvernement chinois reconnaît les monopoles, en ce sens que l'exploitation de telle matière première ou la fabrication de telle marchandise, une fois accordée ou installée dans certaine région, dans certaine ville, celle-ci demeure seule en possession de la livrer au commerce. Le prétexte de cette prohibition est que cette région est alors censée vivre exclusivement de ce produit. Si des pays, fortunés d'ailleurs sous d'autres rapports, lui faisaient concurrence, le peuple qui vivait sur ce travail serait réduit à la famine. Au fond, rien de tout cela n'est vrai, car, en Chine, le peu de rapidité des communications et la lenteur avec laquelle s'établit une nouvelle industrie sont des obstacles naturels qui s'opposent invinciblement à

ce qu'aucune destruction de monopole puisse
une perturbation économique assez rapide pour
laisser aux capitaux et aux travailleurs le temps et
moyens de trouver et de prendre une autre direction.

Ceci dit, voici comment les choses se passent.
les régions où se trouvent déjà des puits salés,
peut en ouvrir à sa guise. Il n'a besoin pour cela
licence ni de patente, ni d'enquête *de commodo*
incommodo; la police ne s'en occupe point. Quand
ses travaux il aura ouvert un puits salé, alors
ment il trouvera la gabelle à sa porte.

Dans les pays où aucun puits n'est reconnu
cadastres officiels, l'appât du gain conduit
tains industriels à en forer. Quelques ligatures
aux satellites leur ferment les yeux ; si bien que
toire ignore ou plutôt est censé ignorer tout. Les
donnent, le commerce va ; quelques voisins s'en
d'autres puits sont ouverts. Il faut alors aug
la dose de ligatures pour fermer l'œil et la bouche
scribes des bureaux du prétoire, au secrétaire
et finalement au mandarin qui ne dédaigne pas ces
profits.

Mais bientôt les propriétaires sauniers des autres
apprennent tout cela et les voilà partis en camp
Une accusation est portée soit au chef suprême
gabelle, soit au gouverneur ou vice-roi de la pro
En voici un spécimen :

« Placet des opprimés par l'ouverture secrète de
salins.

« Nous, humbles fourmis, *Yu-te-gan*, *Ouang*
Koang..... venons respectueusement demander
au sujet de l'affaire suivante. Depuis longtemps, des
sont ouverts dans notre pays ; par ailleurs ses ress
sont très pauvres, la terre donne peu de récoltes
labeur, le commerce peu de profit à longues

Sans le sel que la terre nous a donné, que le Grand Empereur nous a permis d'extraire, vraiment le peuple de ce pays ne saurait comment se procurer vivres et vêtements ; même, malgré cette ressource, comme l'eau est peu saturée, les travaux longs, le riz venu de loin, le charbon cher, le lucre est si petit que ce n'est qu'à grand'peine que les travailleurs ne perdent pas leur vie et les industriels leur capital. Cependant comme la tranquillité règne parmi nous ! comme les impôts sont régulièrement payés ! comme les droits de gabelle sont soigneusement et exactement soldés ! Mais ce bonheur va disparaître. Dans les pays de *Yun-tchoan* où croissent luxurieusement le riz, le chanvre, le millet, le blé, les fèves et les pois, où se trouvent abondamment le fer, la chaux, l'argile plastique et le charbon, des gens avides, non contents de tous ces biens, ont, sans aucune autorisation, ouvert des puits salants. Ils ont le charbon presque pour rien, la nourriture à bon compte. Bientôt ils vont pouvoir livrer le sel à vil prix, le commerce se portera chez eux. Et nous, infortunés, privés de notre gagne-riz, comment payer l'impôt, comment payer les droits, comment nous vêtir, comment vivre ? Les travailleurs affamés pourraient exciter des troubles, et le peuple si tranquille, si obéissant, passerait pour mauvais et turbulent, alors qu'il ne serait que victime. Qu'en dirait la conscience du ciel ? Mais nous savons que le grand homme est juste : voilà pourquoi nous prions Votre Excellence de faire fermer les puits salants indûment et secrètement ouverts. »

Ce qui fait la saveur de cette littérature, c'est que, sauf l'ouverture des puits, tout y est faux. Le *placet* vient d'un pays où l'agriculture est aussi florissante qu'ailleurs : si le chanvre et le grand millet n'y viennent pas, en revanche le coton et le sésame y poussent très bien. Les signataires sont de riches industriels, très

âpres au gain, nullement soucieux du sort de leurs ouvriers, réunis pour la circonstance contre le danger commun, mais peu scrupuleux dans le courant du commerce de se nuire mutuellement le plus possible par des coups de bourse ou d'accaparement sur le charbon, le riz, le sel, l'argent même. Leurs larmes sur le sort du peuple ne se trouvent que sur leur placet.

Quel sera le sort de cette réclamation ? Avant tout, elle a dû être accompagnée de quelques bons paquets de globules d'argent, seule monnaie courante auprès des grands hommes ou Excellences chinoises. Le meilleur des introducteurs auprès d'eux est donc ce fameux pot de vin dont on fait tant de bruit en d'autres pays. Seulement je ne sais pourquoi, dans le langage vulgaire, les chinois l'appellent *de l'eau*, puisqu'ils disent du corrupteur du juge : *il a fait entrer de l'eau au prétoire*. L'explication la plus philosophique est que c'est commun comme l'eau, et que les mandarins l'avalent de même.

Le gouverneur encaisse donc les paquets, lit la pièce,... et attend. Une autre pièce pour activer l'affaire, accompagnée d'une nouvelle fourniture « d'eau » ne lui déplairait pas. D'autre part, il se renseigne sur les nouveaux puits : Donnent-ils peu ou beaucoup? Peuvent-ils augmenter considérablement la gabelle? Si c'est non, les pauvres diables, qui, par le fait, n'auraient nui à personne, seront sacrifiés. Si c'est oui, ils le seront encore, à moins qu'ils ne paient. On sait bien le leur faire savoir ; ils envoient leur placet toujours avec le *pot d'eau*. Le procès s'engage ; les gens du prétoire de haut en bas grugent les deux partis sans vergogne, sans cesse et sans que personne le trouve extraordinaire. Finalement celui qui a le plus payé reste victorieux. Le plus souvent les anciens sauniers ont le dernier mot : riches, nombreux, ils peuvent sacrifier de fortes sommes. Ordre est alors envoyé au mandarin local de fermer les nouveaux puits ; les

pauvres industriels, coupables d'avoir trouvé du sel, doivent s'engager par écrit à n'en plus extraire. Ils ne manquent pas de le faire *in perpetuum*, c'est-à-dire en bon langage chinois jusqu'au premier changement de gouverneur. Mais si celui-ci prévoyait que les puits nouveaux pussent fortement augmenter la gabelle, après s'être fait largement payer ce bon service, il ferait porter les nouvelles salines sur le cadastre officiel de Pékin ou les porterait sur le sien et les anciens sauniers en seraient pour leurs frais.

Dans le Se-tchoan, l'un et l'autre résultat se sont présentés plusieurs fois. Un des célèbres procès de monopole est celui entre les deux villes de Fou-chouen et de Ouy-yuen, dont les territoires sont limitrophes. De tribunal en tribunal, l'affaire est allée jusqu'à Pékin. Le jugement définitif prohiba le forage des puits salins sur le territoire de Ouy-yuen, mais en revanche l'ouverture de mines de charbon fut interdite sur Fou-chouen, riche en terrain carbonifère. Un double monopole était ainsi créé au grand détriment des populations.

CHAPITRE III. — Le pays des puits de feu. — Les grandes salines.

Mon intention n'est pas de décrire les salines de tous les pays énumérés plus haut, mais seulement celles de Fou-chouen, comme étant les plus importantes. De simples remarques suffiront pour établir la différence entre les autres salines et celles de cette région où la profondeur des puits nécessite des travaux et des constructions spéciales, où le rapprochement et la richesse des puits salés créent une grande activité commerciale, où l'existence des puits de gaz donne un aspect tout particulier à ce pays des Puits de Feu, que j'appellerai les *Grandes Salines*.

Cette région salifère, située à 100 *ly* Nord-Ouest
la ville de Fou-chouen, s'étend dans une direction gé
rale du Sud-Ouest au Nord-Est, en grande partie sur
rive gauche du petit cours d'eau qui vient des pays
Yun-hien et sert de limites aux territoires de ces
sous-préfectures. Sa longueur est d'environ 50 *ly*,
une largeur de 30 *ly*, soit une superficie approxima
de 300 kilomètres carrés.

Elle se divise en deux groupes très rapprochés :

1° Groupe de Tse-liou-tsin, rive gauche, sur le terr
de Fou-chouen. Il doit son nom à un puits jaillissant
ancien, et contient les puits les plus profonds et les
puissants jets de gaz.

2° Groupe de Kong-tsin, qui tire son nom d'un
ou grand bourg, situé sur la rive droite, dépendant
Yun-hien ; cependant la majorité des puits est
sur la rive gauche et le territoire de Fou-chouen
sont les grands centres de Siao-ky, Ou-kia-p
kia-tan. Longtemps le bourg, centre des nombreux
merces d'approvisionnement, resta isolé sur la rive
car le monopole réservé au territoire de Fou-ch
empêchait l'ouverture de puits sur les pays de
hien : Kong-tsin donnait son nom et n'avait
salines. Mais depuis quelques années l'interdit a
et de nombreux puits sont ouverts sur la rive droite
plusieurs jets de feu ont déjà fait leur apparition.

Lorsqu'on arrive aux Grandes Salines par la
Louy-Kiang, une des plus belles de la province,
colporteurs de sel que l'on rencontre tout le long
min, rien, dans le paysage, pendant les neuf pre
lieues, n'annonce l'approche d'un pays de salines.
terrain, la végétation, l'agriculture ressemblent à ce
l'on voit ailleurs dans cette partie du Se-tchoan
maïs, pois, blé, fèves, et surtout les deux sorgho
le sucre et l'eau-de-vie : le *Kan-tchée*, *Andropogon*

charatum; le *Kao-liang, Andropogon sorghum* ou grand millet. Peu à peu, à sept ou huit lieues de Louy-kiang, les sorghos disparaissent et sont remplacés par le *teou-tse*, haricot *soya*, espèce spéciale qui donne le fromage chinois, dit *teou-fou*.

A neuf lieues de Louy-kiang on trouve un grand marché ou forum, Ta-chan-pou. Après avoir traversé sa longue rue étroite, tortueuse et sale comme tous les marchés chinois, on est tout surpris, au sortir des dernières maisons, de se trouver transporté dans un pays d'aspect tout différent. La nature du sol a changé : c'est un mélange de grès jaune friable, d'argile caillouteuse et de calcaire. On n'aperçoit presque plus de culture, et l'on fait sept ou huit *ly* à travers un pays à la végétation rabougrie où le riz paraît croître à regret, où les arbres et les bambous sont rares. Enfin toute culture même disparaît dans les environs des premiers puits que l'on rencontre.

Tout à coup, au détour d'une colline, on entre dans un vallon riche en puits salés, avec sa forêt d'une végétation nouvelle : arbres immenses, troncs sans branches et sans feuilles, lianes mobiles et multipliées. Ce sont les chèvres avec leurs accessoires, courroies de tirage qui vont rejoindre les cabestans, cordes d'équilibre tendues de tous côtés. Le tout émerge du toit de maisons assez rustiques, et sort sous tous les angles de hangars bâtis dans tous les alignements.

Au grincement des poulies ou des cabestans en mouvement, se mêle une musique humaine qui retentit sur un rythme marquant l'effort : c'est le chant des sondeurs sautant sur leur bascule, ou le chant des tireurs attelés en place de buffles à quelque cabestan ; on entend en outre un ronflement sourd, solennel et continu : c'est la voix de la terre, le chant du gaz d'un puits de feu.

L'odorat n'est peut être pas charmé du mélange indéfi-

nissable qui pénètre les narines. On respire un air ch de vapeurs salées, de gaz sulfhydrique, d'hydrogène boné, sans compter les émanations de ces ruiss couleur du Styx, où croupit un liquide qu'on ne p appeler de l'eau. Bientôt on entre dans un des nomb marchés nécessaires à ce pays populeux, où l'on s l'arôme de toutes les sauces et fritures qui attirent passants.

On retombe ensuite dans un endroit moins fort les puits sont plus rares. Puis viennent alternativ d'autres beaux groupes de sauneries et d'autres chés; un d'entre eux plus grand, plus riche, dans sinage des salines les plus productives. On trave grand centre du commerce, on suit pendant cinq rue en zig-zag qui monte et descend au gré des co Après ce grand forum, vrai capharnaüm de tou productions chinoises, voici encore d'autres cen salinage, d'autres puits, d'autres marchés. On ainsi au bord de la rivière, sorte de torrent, qui Tse-liou-tsin de Kong-tsin. Ce dernier, simple b parce qu'il est dépourvu de murailles, est plus pop que beaucoup de villes. Dans ses environs appar les groupes de puits ouverts en ces dernières anné

Depuis qu'on est arrivé en vraie région des p à part quelques courges qui poussent autour des sons, on ne rencontre plus de culture. Là où il pas de bâtisse, rien que de l'herbe. A travers cette cession de hangars, juchés à toutes hauteurs au de cette forêt industrielle, on aperçoit peu de con tions capables de rompre la monotonie, à part cep quelques pagodes, ou bien le temple des Ancêtre quelque riche famille avec son entourage de g arbres, ou encore çà et là de rares maisons de bel parence.

L'aspect général du pays des puits de feu est ty

Il marque une grande activité dans une industrie primitive arrachant à la terre ses richesses souterraines, à tout hasard, à force de bras et de patience. Point de propreté, point de goût, point de progrès. En fait de constructions, d'outils, de machines, de procédés, les fils de Tubal-Caïn, le premier batteur de fer, en devaient savoir tout autant, peut-être davantage. La merveille est que les Chinois s'en tirent, grâce à leur inépuisable patience, qui compte arriver demain, si elle ne le peut aujourd'hui, l'an prochain, si elle ne le peut cette année.

CHAPITRE IV. — Le forage.

Constitution géologique de la région. — Avant de décrire dans ses détails le forage des puits aux Grandes Salines, disons un mot des terrains rencontrés par la sonde.

La grande chaîne qui traverse le Se-tchoan et dont j'ai parlé plus haut confine à ce pays, et ses dernières ramifications viennent s'y perdre. Les salines se trouvent donc dans une zone qui a été pour ainsi dire le théâtre de deux soulèvements. La stratification y est très irrégulière, et c'est là l'explication, soit des grandes variétés dans la profondeur de puits très rapprochés, soit de l'insuccès de certains sondages exécutés dans le voisinage de puits très productifs. Du reste, à la profondeur où descendent certains forages, bien au-dessous des terrains salifères ordinaires, ils rencontrent des terrains de transition et même des relèvements de terrains primitifs. Tous les terrains semblent ainsi représentés dans la région.

En général, les sources les plus saturées, au lieu de se rencontrer comme ailleurs dans la partie supérieure des terrains de trias, se trouvent au-dessus des terrains carbonifères et même des terrains de transition ; par contre des sources bitumineuses s'offrent parfois avant

tout terrain marneux ou schisteux ; et certains jets de gaz naturel s'échappent bien au-dessus du terrain carbonifère, avant d'avoir rencontré le plus mince filet de charbon, tandis que d'autres jets et les plus [illegible] viennent des couches profondes voisines des terrains de transition.

Certains puits ne donnent que de l'eau salée, ou du pétrole, ou du gaz ; d'autres donnent à la fois de l'eau salée et du pétrole, ou de l'eau salée et du gaz [illegible] plusieurs puits fournissent à la fois du pétrole, du gaz et de l'eau salée, tandis que d'autres sondages assez rapprochés et très profonds ne donnent aucun résultat, sinon la ruine des entrepreneurs.

Les Chinois ne distinguent les roches et ne les nomment que par leur couleur. Voici l'ordre [illegible] dans lequel on les rencontre aux Grandes Salines [illegible] donne toutes, quoique parfois la série ne soit pas complète à certains forages ; je mets en regard la correspondance des noms européens ; mais cette correspondance n'est que probable, car les Chinois ne retirent les détritus du forage que réduits en bouillie assez claire, [illegible] ne permet pas une constatation exempte de toute [illegible] et de tout doute. Cependant, à part l'examen [illegible] tout un ensemble de faits me porte à croire que [illegible] correspondance est assez exacte.

Au-dessous du grès jaune ou grès tertiaire de la surface, dont la puissance varie de 10 à 30 *tchang* (35 à 100 mètres), on trouve successivement :

> *Hong-gay.* — (Rouge). — Grès.
> *Oua-houy-gay.* — (Gris). — Calcaire.
> *Hoang-kiang-gay.* — (Orangé). — Oolithe ferrugineuse.

Les Chinois disent qu'après cette roche, à la profondeur d'environ 60 *tchang* (200 mètres), ils rencontrent très souvent des sources bitumineuses.

Tsao-pe-gay. — (Blanc sale). } Grès du lias.
Hoang-cha-gay. — (Jaunâtre). }

Après ces roches, à 80 *tchang* de profondeur (270 mètres) apparaissent parfois des jets de gaz peu abondants.

Tsin-cha-gay. — (Gris bleuâtre). — Marnes irisées.
Pe-cha-gay. — (Blanc). — Calcaire permien.

Dans ces couches, de 100 à 180 *tchang* (330 à 600 mètres) de profondeur, se trouvent les sources d'eau salée jaunâtre d'une saturation moyenne (12 à 15 p. 100). C'est le terrain de tout le groupe de Kong-tsin.

Mey-tan-gay. — Charbon, calcaire ou grès houiller.
Ma-kou-gay. — (Brun luisant). — Terrain silurien.
He-yen-gay. — (Noir). — Schistes ardoisiers.
Lou-teou-gay. — (Verdâtre). — Schistes cambriens.

C'est au-dessous de ces dernières couches, de 250 à 330 *tchang* de profondeur (930 à 1100 mètres), que se trouvent les sources d'eau salée noire, les plus saturées (15 à 28 p. 100) et les plus abondantes, comme aussi les plus importants jets de feu. La plupart des puits du groupe de Tse-liou-tsin sont à ces profondeurs, et, chose curieuse, avant d'y arriver, on ne rencontre presque jamais le terrain des sources jaunâtres.

Des couches de granite gris, de basalte noir, de porphyre rouge, traversent parfois ces couches supérieures et retardent beaucoup le travail du forage.

Établissement d'un forage. — Il serait peut-être à propos de rechercher comment les Chinois, absolument ignorants en géologie, ont trouvé les sources salines cachées si profondément au sein de la terre. Mais, sur ces premières découvertes, il ne reste que les légendes de chaque pagode. Ce qu'il y a de plus certain, pour les Grandes Salines en particulier, c'est qu'une source salée naturelle existait avant toute entreprise et que sa pré-

sence amena les premiers travailleurs. Quand la source fut insuffisante, les sauniers songèrent à en d'autres par le forage.

Présentement, dans les pays de salines, les Chi creusent à peu près au hasard. Un des auteurs du *fa-tche* dit très gravement qu'il suffit de sentir l'od l'herbe poussant à l'endroit où l'on veut creuser savoir immédiatement si le forage donnera du sel gaz, ou rien du tout : c'est une des nombreuses p qu'il donne de ses connaissances scientifiques. Géné ment les capitalistes ne se risquent à forer un p dans les environs de puits productifs. Les considéra spéciales qui les guident ensuite sont tirées de la tion des collines, de la déclivité des coteaux, science n'a rien à y voir, et l'on ne se dirige que d' des dictons populaires sans valeur réelle.

Avant de procéder au forage proprement dit, établir à la partie supérieure un orifice solide, de supporter des frottements multipliés. On creu préalablement, comme pour les puits ordinaires, verture de quelques pieds de diamètre. Tant qu rencontre que de la terre, les Chinois se servent piocher d'une sorte de houe dont le fer est plus plus étroit et plus fort que la houe de culture. terre est mêlée de cailloux ou trop résistante, ils pic simple.

La terre ou les cailloux sont tirés avec la houe des espèces de paniers de bambous en forme d'oise et les ouvriers transportent le déblai dans ces p suspendus aux extrémités d'une *palanche*. Ce mode transport est employé pour tous les terrassements parce qu'il permet de ne pas tenir compte des accide de terrain qu'il faudrait aplanir pour se servir brouette et de la pelle, connues des Chinois. La ro y est aussi pour beaucoup, car en bien des endroits

sans travail de route à établir, la brouette serait bien plus expéditive. Quand la profondeur augmente, on installe à l'orifice un treuil semblable aux nôtres, avec un panier qui sert à monter la terre.

Dès que l'on rencontre la roche, ordinairement assez tendre dans les couches supérieures, les tailleurs de pierre s'arment de leurs marteaux et d'une sorte de poinçon ou trépan à pointe pyramidale quadrangulaire pour continuer ce puits préliminaire.

Aux Grandes Salines, on pousse ordinairement ce premier puits jusqu'à une profondeur de 10 *tchang* (33 mètres), l'expérience ayant prouvé qu'avant cette profondeur la roche est trop tendre pour supporter de nombreux frottements, et trop perméable pour ne pas se laisser pénétrer par les eaux de pluie, ce qui amènerait des éboulements. L'orifice supérieur du puits est ensuite établi par un travail supplémentaire en pierres plus dures et imperméables qui, bien cimentées, donnent un long tube résistant.

La *fig.* 1, Pl. XIII, donne une idée de ce travail. Trois ouvriers, imitant leurs ancêtres, ont résolu un problème de mécanique en portant avec deux bâtons une de ces pierres carrées, de deux à trois pieds de côté où l'on a préalablement taillé un trou circulaire de 8 à 9 pouces (26 à 30 centimètres) de diamètre. Arrivée au puits, elle est suspendue au crochet d'un rustique levier formé de troncs d'arbres à peine dégrossis, tandis que quelques ouvriers pèsent sur la grande branche du levier. Ce système permet d'ajuster très facilement la pierre sur la précédente. A mesure qu'on place ces pierres tubulaires, un ouvrier remplit le vide entre leurs bords et ceux du premier puits par un assemblage fortement tassé de terre et de cailloux.

Après la complète installation de ce tube en pierre commence le véritable forage. Les environs du puits se

garnissent alors des constructions et des machines nécessaires à ce travail. A une certaine distance se place le grand treuil vertical ou cabestan de tirage, ayant quelque analogie avec une roue à axe vertical ou mieux encore avec un dévidoir. On l'aperçoit à peine dans la *fig.* 2, Pl. XIII, et plus complètement dans les *fig.* 1 et 2, Pl. XIV.

Il se compose d'un axe ou arbre vertical en bois dur de 7 à 8 pieds de longueur. A cinq pouces environ des deux extrémités, des rais de 4 pieds à 4 pieds 1/2, établis à deux hauteurs différentes, sont assemblés à tenon et à mortaise tant avec l'axe qu'avec des barres parallèles à l'axe qui forment la circonférence du cabestan. Pour augmenter la fixité de l'ensemble, quelques rais de 8 à 9 pieds traversent l'axe. Celui-ci se termine par deux garnitures de fer qui tournent dans deux crapaudines garnies de fer : l'inférieure est encastrée dans une pierre de taille, la supérieure dans une énorme poutre de bois dur montée sur deux trépieds, fortement fixés en terre. De la sorte le cabestan n'est pas solidaire de la construction qui le recouvre et ne lui fait éprouver aucun ébranlement.

Du cabestan où elle s'enroule, part la corde ou courroie de tirage qui va passer ensuite sur le rouleau de niveau placé à une certaine distance et destiné à maintenir la corde à la hauteur voulue pour qu'elle s'enroule convenablement sur le cabestan. Ce rouleau en bois est posé à jeu libre sur deux fourches solidement fixées à un banc de madriers (*fig.* 2, Pl. XIII).

Vient ensuite la poulie de renvoi à gorge sous laquelle passe la courroie et qui est installée de la même manière que le rouleau ; mais, comme la poussée est de bas en haut, deux anneaux de fer retiennent le moyeu sur les fourches (*fig.* 2, Pl. XIII.).

Sur les figures ces deux organes sont assez rapprochés, mais dans la réalité, suivant la distance où est

installé le cabestan, il y a quelquefois entre eux une distance de plusieurs *tchang*.

Enfin, plus rapprochée du puits, se trouve la petite chèvre : deux forts arbres fourchus fixés en terre portent en guise de poulie un rouleau creux dont le pourtour est garni de grosses cordes (*fig.* 2, Pl. XIII).

Voilà tout l'appareil de tirage pendant les premiers travaux de forage, et l'on peut constater que toutes ces machines sont des plus primitives.

Sondage à la corde. — Le forage s'exécute par le *sondage à la corde*. Pour cela on installe perpendiculairement au plan de la chèvre une sorte de *levier à bascule*. Il se compose de deux forts bancs parallèles de cinq pieds de hauteur, entre lesquels se place le madrier mobile qui fait levier en basculant sur une barre placée sur les deux bancs. Dans la *fig.* 2, Pl. XIII, on voit une partie du levier à l'état de repos; dans la *fig* 1, Pl. XIV, le levier entier en activité.

La sonde, incomplètement représentée dans la *fig.* 2, Pl. XIII, présente la disposition indiquée par la coupe verticale que je donne dans la *fig.* 5, Pl. XIII. C'est un trépan, BP, terminé inférieurement par une tête carrée, P, de 8 à 9 pouces de côté, à 8 dents aciérées, D, D, D, et du poids de 200 à 300 livres; le milieu de la tige est muni d'une sorte de couronne, AA, pour empêcher l'instrument de dévier de la verticale, et son extrémité se termine par une boule, B, d'un diamètre un peu supérieur à celui de la tige. Celle-ci est prise à jeu libre dans une coulisse EE formée de quatre fortes lames de bambou assemblées en CC et C'C', et suspendues à la corde de sonde par l'intermédiaire d'une pièce ST qui pénètre aussi à jeu libre entre les lames de bambou. Ainsi installée, la tige du trépan possède un jeu vertical qui diminue la fatigue de l'appareil. Mais quand on voit cet assem-

blage de morceaux de bambou taillés au couteau, joints ensemble et retenus à la diable par des ficelles, on se demande s'il était possible de trouver un système de coulisse plus primitif. Sous peine de voir la sonde rester au fond du trou, il faut renouveler souvent et ficelles et lames de bambou. De plus, comme précaution contre cet accident, une corde résistante *i, i, i* à jeu lâche passe dans un trou de la tête du trépan et se fixe à la corde de sonde L, un peu plus haut que le point d'attache de S.

Dans la *fig.* 2, Pl. XIII, la sonde au repos est suspendue à la corde de tirage. Pour voir son fonctionnement, il faut se reporter à la *fig.* 1, Pl. XIV; la sonde a été descendue, fixée à sa corde dont l'extrémité au sortir du puits est attachée à une clef à anse. La tige supérieure de celle-ci est fixée au crochet du levier. Dans cette position, le poids de la sonde qui touche le fond du puits maintient le levier horizontal. Alors les ouvriers, placés de chaque côté sur les bancs, sautent ensemble sur le levier, qui bascule, imprimant à l'appareil une levée de deux pieds environ. Au moment où ils ressautent ensemble sur les bancs, le levier se relève et la sonde tombe brusquement.

Un ouvrier placé à l'orifice du puits imprime à la clef, entre chaque levée, un mouvement de rotation de 1/5 à 1/6e de circonférence, afin qu'à chaque coup les dents de la sonde ne frappent pas toujours au même endroit. Cet ouvrier doit aussi jeter de l'eau de temps en *temps* dans le trou de sonde, si le forage se fait dans une roche qui ne donne pas d'eau.

Ce travail de bascule est assez fatigant pour les ouvriers, aussi sont-ils divisés en escouades ou équipes dont chacune comprend le double d'ouvriers nécessaires pour faire agir le levier. Lorsque deux suffisent, les quatre ouvriers de l'équipe (*fig.* 1, Pl. XIV) se placent deux sur chaque banc, et travaillent alternativement

deux à deux en passant d'un banc à l'autre. La manœuvre est du même genre avec un plus grand nombre; l'intervalle entre chaque coup de sonde est ainsi diminué, car au moment où les deux premiers ressautent du levier sur les bancs, la sonde retombe brusquement; aussitôt les deux autres, avant que les deux premiers soient retournés, ont déjà sauté sur le levier. On obtient ainsi un coup par quatre ou cinq secondes, soit 12 à 15 coups à la minute, et de 720 à 800 par heure.

Il faut une certaine habitude pour exécuter ces sauts avec ensemble: aussi les ouvriers s'aident-ils d'un chant peu varié, où un ouvrier dit les deux premières notes; l'autre ou les autres répondent les deux suivantes. La note des temps forts est un peu traînée soit en montant, soit en descendant, celle des temps faibles est très accentuée et très brève, accompagnée du coup de levier ou du coup de sonde.

Quoique les horloges américaines aient envahi la Chine depuis longtemps, le travail continue à être réglé à l'ancienne mode. Ce n'est pas un sablier, mais un bâtonnet d'encens qui règle le travail des escouades. Ce bâtonnet, d'environ 43 centimètres de longueur sur 4 millimètres de diamètre, est divisé en douze parties et met deux heures pour se consumer : chaque cran représente donc dix minutes de travail. Un de ces bâtonnets est toujours allumé près de la bascule, et chaque escouade travaille la durée d'un cran.

L'escouade se compose d'abord de deux hommes; puis, à mesure que la profondeur augmente, le nombre s'accroît jusqu'à dix hommes. Le travail est réglé de façon que chaque escouade ait une demi-nuit de repos par jour, ce qui exige un personnel de manœuvre assez nombreux. Les ouvriers, outre leur nourriture, gagnent 1.200 sapèques par mois.

La sonde chinoise n'ayant ni cannelures circulaires ni

vide intérieur pour recevoir les détritus, qui après un certain temps rendent la percussion infructueuse, les Chinois sont obligés, après avoir retiré la sonde, à descendre dans le puits au moyen de la corde de tirage un cylindre du poids de 60 livres, à fortes cannelures circulaires en godets placés en échelle. L'ensemble ressemble assez à une pile de bols. La partie inférieure est une demi-sphère et le diamètre est peu inférieur à celui du puits. L'instrument descendu, deux ou trois ouvriers (*fig.* 4, Pl. XIII) suspendus à la corde lui impriment un mouvement de sonnette qui fait jaillir les boues dans les cannelures. Cet instrument est descendu et remonté autant de fois qu'il est nécessaire pour retirer tous les détritus.

Le forage est dirigé par un vieux contremaitre puisatier, habitué à ces travaux, dont les connaissances empiriques remplacent la science de nos ingénieurs. Lorsqu'il croit avoir rencontré une roche imperméable, il arrête le sondage à un ou deux pieds dans cette roche pour procéder au tubage du puits. La *fig.* 3, Pl. XIV, représente la préparation des tubes : ce sont de gros bambous, dits *lan-tcho*, qu'on trouve dans les pays de Kiang-gan, ou bien des demi-troncs de cyprès creusés et ajustés. Ils s'assemblent ensuite bout à bout à mi-bois et à queue d'aronde. On les enveloppe d'abord d'une grosse toile de chanvre que l'on badigeonne avec une bouillie claire de mastic composé de chaux et d'huile d'*Elæococca*. Ce premier enduit est ensuite entouré de chanvre fortement serré, et le tout recouvert du même mastic plus épais. Tout terminé, ce tube doit avoir un diamètre extérieur à peine inférieur à celui du puits.

Suivant la nature des terrains rencontrés, la longueur du tuyau protecteur est d'un *tchang* à une trentaine. Lorsqu'il doit atteindre plus de 2 ou 3 *tchang*, sa pose nécessite préalablement l'installation de la haute chèvre

On voit dans la *fig.* 3, Pl. XIII, la manière dont les Chinois placent et raccordent ces tuyaux. A l'aide d'une corde on descend d'abord un premier tube presque entièrement; à hauteur voulue, on le prend entre deux bâtons qui font pince et le rendent fixe. On suspend un autre tube à la corde, pour subir l'assemblage qu'on mastique avec soin. On laisse sécher, et le même système de descente continue patiemment jusqu'à ce que le tube entier puisse atteindre le fond du trou de sonde, garnissant ses parois à partir de l'orifice en pierre. On tire alors toute l'eau qui peut se trouver dans le puits, on porte au fond une certaine quantité de mastic et l'on agite un peu le tube par un mouvement de sonnette pour faire pénétrer le mastic tout autour de la paroi inférieure et intercepter tout passage aux eaux douces. Après quoi on attend que le tout soit bien sec pour continuer le sondage.

Pendant ce temps on peut construire la grande chèvre, si ce n'est déjà fait. Toutes celles que l'artiste a représentées sur ses images sont composées de deux *bras* ou *montants*, de 4 à 5 *tchang* (13 à 17 mètres) de hauteur, solidement enfoncés dans le sol, réunis à leur sommet par la traverse, armée de deux fourches qui portent la poulie. L'équilibre est établi par deux bicoqs placés de chaque côté à deux distances différentes du sommet. De nombreuses cordes qui vont s'attacher au sol, à des arbres, à des roches, contribuent à assurer la fixité de l'appareil. Une chèvre de cette dimension suffit pour les travaux de forage.

Après la pose du tube protecteur, le forage se continuait jadis avec une petite sonde qui n'était guère qu'une barre de fer aciérée et donnait un petit trou de sonde d'un diamètre de 3 à 4 pouces. Mais les Chinois y ont vu beaucoup d'inconvénients : ce trou s'engorgeait facilement, le travail de dégagement était très difficile, sou-

vent les instruments s'y brisaient et y restaient : de là grandes dépenses, grands arrêts dans le travail, et très fréquemment perte du puits. De plus, le bambou puiseur devant être fort petit, chaque tirage ne donnait que peu d'eau. Aussi dans tous les puits qu'ils font actuellement, la partie inférieure, toujours appelée petite bouche, est continuée avec une sonde, soit semblable à la première, soit en forme de pic, mais d'un diamètre suffisant pour donner un trou de sonde de 6 à 7 pouces, alors que la première sonde en donnait un de 9 pouces à un pied.

Comme cette sonde est plus légère, son appareil diffère de celui de la grande sonde (*fig.* 6, Pl. XIII) : BP est le trépan, dont la pointe est un coin aciéré en losange. La coulisse EE, toujours en lames de bambous, saisit la tige du suspenseur ST non plus près de la partie inférieure, mais en CC, au-dessus d'un renflement R ; là la coulisse, aussi bien qu'en C′C′, a toujours son jeu longitudinal. La distance entre T et B est calculée de façon qu'à chaque coup de sonde, cette tête T vienne frapper B, ajoutant la percussion du poids de ST (120 à 150 livres) à la première percussion du trépan. K est une cloche en demi-sphère à jeu libre sur la tige de ST. Tant que T peut atteindre B, cette cloche, à chaque coup de sonde, donne un son spécial répercuté à l'orifice du puits. L'ouvrier qui tourne la clef connaît à ce son que la sonde a tout son effet. Mais si la distance entre B et T devient trop grande, surtout si la pointe P tombe dans le vide, la cloche ne donne plus son coup de sonnette, et l'on arrête le travail pour constater le résultat.

Du reste le forage se fait exactement comme précédemment, sauf que les boues sont retirées par un bambou à soupape, comme celui que l'on voit suspendu à la corde dans la *fig.* 1, Pl. XIV. On l'agite dans le trou par un mouvement de sonnette (*fig.* 4, Pl. XIII) ; à chaque descente la soupape est soulevée par la bouillie qui

entre; à l'ascension le poids de l'eau ferme la soupape.

Suivant la nature des terrains où l'on opère, le sondage va plus ou moins vite; dans les roches les plus tendres, on avance de plusieurs pieds par jour; dans les plus dures, d'un pouce à peine. Aussi les entrepreneurs aboutissent tantôt à une source salée ou à un jet de gaz, tantôt à la faillite.

Coût et durée du forage. — Le forage d'un puits coûte au moins un *ouan* de taëls. Les anciens sauniers, possesseurs de puits en activité, de bon rendement, peuvent en creuser de nouveaux avec leurs seules ressources. La plupart du temps, les Chinois qui se lancent dans cette industrie montent une société financière par *parts*, ce qui ressemble assez à nos *actions*. Chaque associé apporte une certaine mise que l'on inscrit sur un registre, et pour laquelle on lui délivre un *reçu* qui le constate. Les petits capitalistes peuvent diviser une des parts entre plusieurs. Si le capital versé s'épuise avant l'achèvement du forage, on fait un nouvel appel de fonds, toujours au prorata de la première mise. Il arrive souvent que parmi les premiers actionnaires plusieurs ne peuvent plus donner, mais d'autres qui deviennent actionnaires achètent leurs parts à un prix inférieur à la mise : les actions sont en baisse. Bien souvent, en bons Chinois, ces actionnaires empêchés de compléter leur apport gardent leur papier et font les morts. Mais si le forage arrive à bonne fin, ils ressuscitent, se présentent armés de leur papier et veulent partager comme s'ils avaient participé tout le temps aux mises de fonds. De là de fréquents procès, à la grande joie de messieurs du prétoire. Si tous les actionnaires sont ruinés, ils cherchent à revendre le puits commencé à d'autres actionnaires, et, le marché conclu, toujours à grande perte, ils se partagent le prix soldé, sauvant ainsi quelque épave de la ruine.

Certains puits très profonds, d'autres qui ont rencontré des roches très dures, ou bien dont le forage s'est retardé par des accidents, ont ruiné ainsi jusqu'à des sociétés. Le forage a duré vingt, trente, quarante ans et dépensé plusieurs dizaines de *ouan* d'argent.

La fortune a parfois ses caprices. Un chrétien de l'Oriental, nommé Tchang, vint un jour aux salines et entreprit un forage. Après deux ans d'un travail sans relâche il était arrivé à plus de 100 *tchang* de profondeur, sans autre résultat que d'avoir épuisé toutes ses ressources : capitaux primitifs, produit de la vente de ses champs et maisons, tout était enfoui daus ce puits rebelle, qu'il nomma *Mang-tse-tsin*, « le Revêche ». Le pauvre homme contracta dettes sur dettes pour continuer le forage et parvint jusqu'à 200 tchang de profondeur. Mais le jour vint où, le crédit manquant, il lui fallut trouver un capitaliste, nommé Siao, qui lui acheta son entreprise à vil prix. Ce nouvel acquéreur n'était pas à l'ouvrage depuis quinze jours que la sonde atteignit une source salée très abondante et très saturée. Le Siao devenait du coup millionnaire et s'inquiéta peu du pauvre Tchang, qui mourut bientôt de chagrin.

Profondeur des puits. — Aux Grandes Salines, les puits les moins profonds ont 60 *tchang* (200 mètres). Le plus profond, 348 *tchang* (1.160 mètres) a englouti des fortunes et n'a jamais donné d'eau. Dans le groupe de Tse-liou-tsin trois ou quatre puits ont 310 à 320 *tchang* (plus de 1.000 mètres) et la majorité varie entre 250 et 280 *tchang* (830 à 930 mètres). Les profondeurs entre 100 et 200 *tchang* (330 à 660 mètres) sont celles de la plupart des puits du groupe de Kong-tsin.

CHAPITRE V. — Les accidents. — les outils.

Dans la marche du forage que nous venons de décrire, nous n'avons pas parlé des irrégularités fréquentes qui se produisent et que les Chinois appellent maladies ou accidents; les premières venant du terrain, les secondes des instruments ou corps étrangers qui tombent dans le puits. Les unes et les autres peuvent arriver soit pendant le forage, soit après l'établissement complet du puits.

Maladies. — Les Chinois distinguent quatre sortes de maladies des puits, qui portent les noms suivants: écoulement d'eau douce, ensablement, déplacement des roches, ou cavité produite dans le parcours du trou de sonde.

Écoulement d'eau douce. — Le contremaître puisatier qui dirige le forage se trompe parfois dans ses prévisions: le tube protecteur placé, on rencontre de nouveaux écoulements d'eau douce. Pendant le forage, on s'en aperçoit vite au volume insolite des boues que l'on retire; pendant l'exploitation, à la diminution de saturation subie par l'eau. Pour y remédier, il faut d'abord savoir où se trouve l'écoulement. *L'enfant de boue* (*fig.* 1, Pl. XV) sert à déterminer cette profondeur : c'est un morceau de bois de 3 à 4 pieds de long, enduit de terre gâchée retenue par des cordelettes de chanvre, de manière à former un cylindre plein à peine plus petit que le diamètre du puits; on le descend *bien sec* petit à petit et on le remonte de temps en temps. Ce manège continue à des profondeurs croissantes jusqu'à ce que l'enfant revienne mouillé. Alors, à force de tâtonnements entre les deux dernières profondeurs d'essai, les Chinois arrivent à

trouver juste l'endroit de l'écoulement. Un autre *enfant de boue* bien sec y est descendu et maintenu quelque temps. S'il revient seulement mouillé, l'écoulement est peu considérable : un agrandissement du trou suivi du masicage, comme nous verrons pour les cavités, peut y remédier. Si le cylindre revient creusé et désagrégé par l'eau, c'est qu'il s'est produit une forte source d'eau douce; à moins que ce ne soit assez rapproché de l'orifice, les Chinois n'y ont pas de remède, et le puits est perdu.

Ensablement. — Dans les roches friables une désagrégation rapide arrive parfois à remplir le fond du puits jusqu'à moitié ou complète hauteur du niveau des eaux. Cela paraît peu de chose, cependant les Chinois y perdent souvent beaucoup de temps. Si l'écoulement menace de continuer, il faut d'abord en trouver la source et y remédier comme pour les cavités. Le curage subséquent n'est pas commode aux Chinois : le cylindre plein à cannelures en échelle ne pénètre pas, la sonde n'a pas de prise sur un fond sablonneux, le bambou à soupape trop léger rapporte très peu; il faudrait un cylindre creux en fer, mais les Chinois ne l'ont pas encore inventé. Généralement ils curent patiemment avec leur bambou peseur en ajoutant de l'eau boueuse; d'autres fois ils essaient de tasser afin de rendre le fond assez résistant pour employer la sonde et réduire en bouillie; enfin parfois aussi ils en sont réduits à abandonner le puits.

Déplacement des roches. — Le travail intérieur des couches terrestres fait quelquefois déplacer un étage de terrain; la roche glisse et à la place du trou de sonde à une profondeur quelconque, on trouve tout à coup la pierre. Un nouveau forage remédie à cet accident, mais lorsque le puits traverse certaines roches en stratification bouleversée, souvent le déplacement continue pendant le forage, et finalement on a un nouveau trou de sonde orné d'une cavité qui nécessite un autre travail.

Cavités. — Elles sont causées soit par la désagrégation lente des parois ou leur éboulement rapide, soit par le déplacement des roches. D'abord, pour savoir au juste à quelle profondeur se trouve cette cavité, les Chinois préparent un long bambou : ils le fendent en quatre, mais pas tout à fait dans toute sa longueur, laissant intègre une extrémité entre deux nœuds ; ils le munissent ensuite d'un *anneau* glissant destiné à empêcher, quand besoin sera, l'écartement des quatre lames ainsi formées. Le bambou est alors suspendu par son axe, la partie fendue en haut, et l'anneau est attaché à une ficelle assez forte. On descend l'appareil, comme un parapluie renversé, plus bas que l'endroit soupçonné, pour le remonter lentement. Les lames à jeu libre s'écartent dès qu'elles arrivent aux parois de la cavité, y butent et arrêtent tout. On fait une marque à la corde de tirage comme point de repère, le bambou est descendu un peu, l'anneau, tiré au moyen de sa ficelle, ferme le bambou, que l'on peut remonter tout en mesurant sur la corde la profondeur obtenue.

Le premier travail que font ensuite les Chinois est de donner au trou de sonde, au-dessous de la cavité, la forme d'un entonnoir et, au-dessus, la forme d'un entonnoir renversé. L'instrument qui sert pour cela est un pic à tige armée de deux ongles d'acier (*fig.* 2, Pl. XV). Pour creuser le cône inférieur on le laisse retomber, les ongles font prendre au pic une position oblique, et il attaque les parois. Les lames de bambou disposées en ressort à la partie supérieure l'empêchent de descendre trop bas. Pour creuser le cône supérieur, on retourne les ressorts, ce sont alors les ongles qui rodent la paroi. Sans les inépuisables doses de patience qu'y ajoutent les Chinois, cet instrument ne donnerait pas grand résultat.

Ce travail achevé, on enfonce jusqu'au-dessous du

cône inférieur un bouchon de paille assez pressé. On descend ensuite jusqu'à la cavité un tube de bambou fendu en deux, puis réuni par des attaches peu serrées et rempli de mastic. Quelques coups de sonnette sur la corde font ouvrir le bambou et tomber le mastic. L'outil qui intervient alors est une tige de fer armée de deux crochets alternants et d'une couronne de dents obliques (*fig.* 3, Pl. XV). La tige porte au-dessus des dents une pyramide quadrangulaire en planchettes de bambou, à jeu libre sur la barre. Cette sorte de boîte est remplie de chanvre haché, et l'on descend l'instrument pour l'agiter au milieu du mastic; celui-ci se mêle de chanvre qui le rend plus tenace, et pénètre latéralement dans la cavité. L'opération est reprise jusqu'à ce que celle-ci soit pleine, ce que l'on constate par la montée du mastic dans le cône supérieur.

Tout le monde peut aller se reposer pendant trente à quarante jours, après lesquels le mastic est bien sec. Avec précaution on fore un nouveau trou de sonde à travers cette roche artificielle et le puits est rétabli.

Accidents. Outils. — Quand on a vu de près tout ce système de machines primitives où le bambou en lanières, cordes ou courroies, joue un aussi grand rôle, où la ficelle de chanvre, mal tordue, sert généralement d'attache, où les outils sont d'un fer très impur et mal forgé; quand on connaît la négligence et la paresse des ouvriers chinois, on comprend facilement que les accidents pendant le forage ou l'exploitation ne doivent pas être rares : il se demande même comment ils ne sont pas plus fréquents.

Il serait trop long d'examiner dans le menu détail tous les accidents des puits. Nous allons les résumer en disant d'une manière générale comment les Chinois y remédient. Nous passerons ensuite en revue les outils avec leur destination.

La majeure partie des accidents vient de la rupture de la corde de sonde ou de la courroie de tirage. Les Chinois cherchent alors à saisir ce qui en reste dans le puits au moyen de crochets ou de pinces ; s'ils se produit un enchevêtrement qui empêche cette manœuvre, des crochets tranchants coupent cette courroie en morceaux retirés ensuite un à un, quelquefois même à l'état de filasse. Si la courroie peut être raccrochée, l'instrument tombé vient avec elle. Quelquefois elle s'est brisée, ou bien il faut la briser jusqu'à la tige de l'instrument qui reste seul au fond, sonde, outils de retrait ou bambou-puiseur.

Pour ce dernier, des crochets ou des pinces peuvent le saisir, mais pour les premiers, il faut d'abord disposer la tige de façon qu'elle occupe à peu près l'axe du puits; il faut ensuite, tout autour de la tige, dégager les détritus; des crochets à cloche, des barres de fer munies d'une boule et d'une cloche vont enfin les saisir. Si les efforts sont impuissants, alors les Chinois refoulent la tige et tout l'instrument au fond du puits et avec une sonde de 4 à 500 livres, dont les huit dents sont remplacées par un pic d'acier, ils réduisent en poudre le fer de l'outil.

Les autres accidents des puits sont de peu d'importance : chutes de cailloux ou pierres qui s'arrêtent au milieu du puits, ensablement peu profond, déviation de la verticale, irrégularité du trou, dont la section devient ovale ou carrée au lieu d'être circulaire; ces deux derniers ne peuvent arriver que pendant le forage. En passant en revue les instruments, nous verrons comment les Chinois y remédient.

Dans la série des outils de retrait, six (*fig.* 3, 4, 5, 24, 25, 26, Pl. XV) sont munis de cloches en planchettes de bambou à jeu modérément libre sur la tige. On comprend la manœuvre de ces outils une fois arrivés au corps à retirer :

le mouvement de sonnette fait descendre la cloche ; au moment du tirage celle-ci, avec les griffes ou boules de la tige, forme pince ou étau.

Trois outils (*fig.* 2, 7, 8) sont munis de ressorts à lames de bambou. Quand on descend l'instrument, une ficelle ferme le ressort ; au moment où les crochets ont saisi quelque chose, on tire la cordelette fermant le ressort, celui-ci s'ouvre, s'applique aux parois, d'une part formant pince avec les griffes pour retenir le corps saisi, d'autre part maintenant au milieu du trou de sonde la tige de l'instrument.

Les outils *fig.* 2 à 8 sont tous des pics à tiges armées de crochets dont la tranche supérieure est un couteau. Ce sont eux qui vont retirer les courroies en lames de bambou ; si, par suite d'entortillement, la résistance est trop considérable, les couteaux coupent à travers les lanières et le dégagement se fait par morceaux. Celui de la *fig.* 3 est un des plus employés, celui de la *fig.* 5 sert surtout pour les détritus de chanvre et de bambou réduits en filasse. On le fait très petit pour aller dégager autour des tiges d'instruments. Celui de la *fig.* 8, avec la pince *fig.* 9, est surtout employé pour extraire le bambou-puiseur.

Les pinces *fig.* 9, 10, 11, 15 vont tirer les barres brisées, leurs baguettes font pinces par leur propre poids. La pince *fig.* 12 sert pour les détritus mêlés de boue ; elle a besoin du secours de l'anneau *fig.* 13 dans lequel s'engage sa tige et qui vient au moment voulu fermer les crochets.

Un autre instrument pour les boues filamenteuses est la pince *fig.* 14 dont les deux bras sont creusés en demi-cylindres ; ils s'enfoncent dans les boues et se resserrent ensuite par l'action de la coulisse placée sur sa tige.

Enfin, dans les cas extrêmes, lorsque des détritus forment des amalgames où ne pénètrent ni crochets ni

pinces, les Chinois ont inventé la pièce *fig.* 16 beaucoup plus lourde que les autres. Sa tête, en forme de carotte longue, a des crochets dans tous les sens. On la fait pénétrer par percussion tournante, et elle finit bien par ramener quelque chose.

Les instruments *fig.* 17 en tuile dentée, 18 en pelle droite, 20 en langue de tigre, 21 en pelle courbe, 23 en demi-cercle denté, servent à roder le trou de sonde pour dégager les tiges; la serpe *fig.* 19, qui est à angle droit sur sa tige, vient ensuite pour redresser les tiges des instruments à retirer, tout en grattant si besoin est.

Si rien ne réussit pour redresser la tige à saisir, la masse *fig.* 22 du poids de 150 livres courbe la tige par percussion afin d'essayer de la prendre avec des crochets.

L'outil *fig.* 24, comme ceux des *fig.* 3, 4, 5, sert à retirer les sondes encore garnies de leur coulisse; si cela échoue, le double couteau courbé de la pointe brise cette coulisse; on emploie alors le *tire-sonde fig.* 25 dont la tête en bois est entaillée de coches. Cet outil sert pour tous les instruments lourds, tandis que le *tire-outil fig.* 26, avec ses boules également en bois, va prendre les tiges des instruments plus légers.

Pour briser les cailloux, on trouve les outils *fig.* 27, 31, 32, quand ils sont au fond du puits; *fig.* 29 et 30 quand ils sont arrêtés au milieu du puits. Pour arrondir le trou de sonde et rectifier la verticale, les Chinois ont une sorte de cuiller en couteau (*fig.* 28), et une lime à quatre faces (*fig.* 33).

Tels sont les outils généralement employés; dans certains cas spéciaux, le contremaître en fait exécuter d'autres; mais vu la routine chinoise, c'est un cas très rare.

Lorsqu'un puits est engorgé, il faut voir les ouvriers

chinois au milieu de ces instruments rouillés, [illegible] banc pour tout établi, et pour outils une scie à [illegible] bous, un ou deux couteaux et quelques paquets de [illegible] il faut s'arrêter à considérer la manière dont ils [illegible] cent un peu au hasard par un autre instrument [illegible] vient de donner un résultat négatif; il faut [illegible] comment souvent après des heures de travail un [illegible] ment ne retire que quelques détritus du poids d'un [illegible] ou deux, sans amener de la part des ouvriers [illegible] clamation, aucun signe d'étonnement ou de [illegible] ment; il faut enfin avoir cent fois perdu patience [illegible] garder, sans que les ouvriers aient bronché, pour [illegible] voir dire qu'on a contemplé de ses yeux l'idéal [illegible] patience et de la lenteur.

Citons quelques faits. Souvent le travail de [illegible] ment d'un puits demande une dizaine d'années; [illegible] temps que compte employer le propriétaire du [illegible] *tsin*, « Puits en meule », un des plus beaux *puits* [illegible] obstrué depuis deux ans. Il me le disait lui-même [illegible] naturellement du monde.

Un contremaître puisatier m'avouait que pour [illegible] en poudre au fond d'un puits une sonde de 300 [illegible] faut cinq ans : 32 ouvriers divisés en quatre [illegible] manœuvrent nuit et jour sur le levier d'une sonde [illegible] aciéré, dont l'appareil total pèse 500 livres. En [illegible] un cinquième du temps pour les retards et l'ext[illegible] des détritus, on trouve qu'avec une moyenne de 700 [illegible] par heure, il faut frapper 25 millions de coups; [illegible] coup n'emporte que deux *hao* (deux dix-millièmes [illegible] l'once), soit 7 milligrammes. La dépense totale est [illegible] *ouan* et demi de ligatures (75.000 francs). Pour un [illegible] salé déjà ouvert dont le rendement est sûr, c'est [illegible] plus économique que d'en aller forer un autre avec [illegible] de ne pas réussir.

Voici un autre détail : après de longs efforts [illegible]

accrocher un instrument à tige, une pince en goupillon (*fig.* 11) finit par s'engager dans ce qui restait de la courroie, du reste très emmêlée; le tirage offrait beaucoup de résistance; les ouvriers à tour de rôle suspendus cinq à cinq à la corde, mirent vingt-sept jours pour amener le tout jusqu'à l'endroit où le diamètre du puits s'agrandit. Pour la profondeur du puits, qui était de 130 et quelques *tchang*, cela donne une ascension de trois *fen*, soit un centimètre par minute, et d'un millimètre par coup de sonnette.

Le plus grave accident des puits est la disparition de l'eau salée pour ne plus revenir. Ce cas fréquent s'explique aisément. Chaque Chinois possesseur d'un lopin de terre et capable de réunir les capitaux nécessaires peut creuser un puits sans s'occuper de ses voisins, sans avoir besoin de l'autorisation d'aucun ministre, sans être soumis au contrôle d'aucun ingénieur. S'il rencontre une source qui fournissait à un autre puits, ou plutôt si son trou de sonde dérange le niveau des eaux dans les nappes souterraines, rien d'étonnant que certains puits voient leur rendement diminuer ou même disparaître tout à fait. Personne n'a droit de se plaindre, d'autant plus qu'il serait difficile d'établir quel forage a lésé les puits mis à sec, car on creuse toujours des puits de tous côtés.

Les propriétaires de puits taris ne désespèrent pas toujours ; au lieu d'abandonner le puits ils le font approfondir, au risque de ne rien trouver du tout. C'est à des travaux de ce genre qu'on doit plusieurs des puits les plus profonds.

CHAPITRE VI. — LE PUISAGE.

Puisage de l'eau salée. — Comme nous l'avons vu, il est assez rare que le forage donne lieu à des puits arté-

siens d'où l'eau salée jaillisse d'elle-même. Il faut aller la chercher à toutes les profondeurs.

Les Chinois ne connaissent qu'un moyen : un gros et grand bambou, muni d'une soupape, est descendu dans le puits au moyen d'un treuil quand le puits est peu profond, au moyen d'un cabestan avec chèvre et poulies de renvoi pour les grandes profondeurs.

Les dimensions de ce bambou varient beaucoup. Les plus petits, employés dans les pays de Lan-pou, Pong-ky, Chée-hong, n'ont guère qu'un *tchang* et demi de hauteur (5 mètres), avec un diamètre intérieur de 2 pouces à 2 pouces 1/2. Aux Grandes Salines ils sont généralement plus gros. Pour les puits très profonds où le niveau de l'eau salée atteint 10 *tchang* et plus (30 à 50 mètres), il y a grande économie à puiser avec de gros et longs bambous. Ils sont fournis par la province du Yun-nam ou par la partie du Se-tchoan qui lui est limitrophe ; mais aucun n'a les dimensions suffisantes en longueur ; on en raccorde un certain nombre de même diamètre pour former de longs tubes de 3, 4 et jusqu'à 12 ou 13 *tchang* (40 à 43 mètres) de longueur sur un diamètre intérieur de 5 à 6 pouces.

Pour éviter que ces bambous se fendent et perdent l'eau, quelle que soit leur longueur, ils sont cerclés de distance en distance avec des cordelettes de chanvre fortement serrées sur une entaille circulaire faite au bambou. (Voir *fig.* 1 et 2, Pl. XIV).

La soupape est un rond de cuir épais fixé par un point de sa circonférence sur une rondelle munie d'un trou central ; celle-ci, encastrée dans l'intérieur, à l'extrémité du bambou, y est retenue par un petit cercle de fer.

La courroie de tirage est encore en bambou fendu et débarrassé de ses nœuds. Si l'on voulait énumérer tous les usages que les Chinois tirent du bambou, la simple liste comprendrait bien une page. Pour le cas présent,

je ne sais s'il existe un corps offrant naturellement une résistance longitudinale aussi considérable. On peut l'apprécier quand on songe que ces lanières d'un demi-pouce environ de largeur (2 centimètres) sur 5 millimètres d'épaisseur, rabouties avec des ficelles de chanvre, supportent, outre leur poids, celui du bambou de 12 à 13 *tchang* de hauteur, rempli d'eau salée, qu'on va chercher à plus de 300 *tchang* (1.000 mètres). Ce poids, en certain cas, dépasse 1.500 kilogrammes, ce qui pour la section transversale, qui est de 1 centimètre carré, mettrait le bambou en première ligne après l'acier fin.

Pour les puits peu profonds (Chée-hong, Pong-ky, Lan-pou), la manœuvre de ce puiseur à soupape se fait avec un treuil. C'est un arbre horizontalement placé sur deux pierres avec des rais réunis comme pour le cabestan par des barres parallèles à l'axe. La courroie s'y enroule directement, car la verticale du puits est tangente à sa circonférence. De deux à six hommes montent comme à une échelle sur les barres de cette machine qui tourne et produit un mouvement ascensionnel constant.

Aux Grandes Salines, ce système est impossible et nous avons vu qu'on établit de grandes chèvres avec cabestans. Les plus considérables de ceux-ci ont un diamètre de 16 pieds, soit une circonférence de 52 pieds. Toutes les chèvres que l'artiste a représentées sur ses images n'ont que de 4 à 5 *tchang* de hauteur, mais il y en a de beaucoup plus hautes, car elles doivent avoir un peu plus de la hauteur du bambou-puiseur. On en voit donc un grand nombre de 8 à 10 *tchang* (26 à 33 mètres) de hauteur ; la plus haute a 14 tchang (47 mètres). Leur construction est un peu différente de celle des plus petites. Comme aucune pièce de bois n'a cette longueur, les bras sont composés à la base de plusieurs énormes pièces fortement serrées l'une contre l'autre par des cordages ;

d'autres pièces y sont rabouties par le même système jusqu'à ce qu'une dernière grosse pièce de chaque côté atteigne la hauteur voulue. Outre les bicoqs, au nombre de 3 ou 4 au lieu de deux, les montants sont encore solidifiés par des pieds en madriers qui les arcboutent à chaque côté. C'est une curiosité que ces immenses machines où tout est réuni, tenu, consolidé au moyen de gros cordages de bambou serrés autour des pièces et dont l'adhérence est rendue plus forte par des coins de bois enfoncés entre ces ligatures et ces madriers; pas une mortaise, pas une cheville, pas un clou. Il reste à l'ensemble une certaine élasticité qui en fait peut-être la solidité. L'établissement d'une de ces hautes chèvres coûte au moins de 2 à 3 mille taëls.

La manœuvre du bambou puiseur est partout la même. Dès qu'il touche le niveau de l'eau, on l'agite par un mouvement de sonnette pour soulever la soupape, et chaque coup laisse entrer l'eau, pendant que les ouvriers font descendre le bambou jusqu'à son emplissage. Au moment où le treuil ou le cabestan est mis en mouvement, la soupape se ferme par le poids de l'eau.

Généralement le cabestan est actionné par des buffles (*fig.* 2, Pl. XIV), au nombre de 2, 4 ou 6, suivant la profondeur des puits. Ils marchent d'abord lentement, mais vers le milieu du tirage, les coups de fouet ou de bâton leur font prendre une allure plus rapide, presque la course, jusqu'à ce que l'ouvrier placé à l'orifice du puits pousse le cri annonçant la sortie du bambou. L'allure redevient plus lente, et un dernier cri arrête tout ; la base du puiseur est hors du trou. L'ouvrier placé auprès du puits saisit le bambou d'une main et l'approche du baquet de réception ; de l'autre main, armée d'un crochet de fer, il soulève la soupape. L'eau, qui jaillit avec force, offre dans certains puits une couleur noire et une odeur sulfhydrique prononcée, capable de faire perdre connaissance

aux ouvriers qui ne prennent pas de précautions. Le récepteur possède à sa partie inférieure un conduit qui emmène l'eau dans un réservoir voisin.

Lorsque toute l'eau est sortie du bambou, on détache les buffles, et le puiseur redescend, imprimant au cabestan un mouvement rapide qui deviendrait dangereux sans le frein. C'est encore un gros et long bambou fendu sur toute sa longueur, ouvert et aplati. Il est suspendu à des cordes sur les deux tiers de la circonférence du cabestan, à la distance d'un ou deux pouces. Une corde attachée à ses deux extrémités permet à un ou deux ouvriers qui se portent sur elle de tout leur poids d'appliquer ce frein contre le cabestan.

Le même équipage de buffles ne travaille qu'une fois par jour, tirant trois fois de suite le bambou-puiseur. Un travail supérieur les épuise en peu de temps, à cause de l'allure rapide qu'on leur fait prendre et qui ne leur est pas naturelle. Aussi dans les grands puits où l'exploitation a lieu jour et nuit, il faut, pour un cabestan, de 40 à 60 buffles, du prix moyen de 40 à 50 taëls.

Un certain nombre de puits ont leur cabestan actionné par des hommes, et certes l'aspect de ces créatures est bien fait pour prouver que l'homme ne peut remplacer les bêtes de somme que sous peine de leur ressembler. Du reste, quoique parmi ces tireurs plusieurs aient été amenés là par la misère ou l'impossibilité de tout autre travail, la plupart sont des mécréants des deux sexes que la mauvaise conduite a fait tomber à ce dernier degré de l'échelle sociale, considéré comme le dernier précisément parce que c'est un travail ordinairement exécuté par des buffles.

Ces tireurs forment une sorte de corporation divisée en brigades, de sorte que chacun passe à son tour sans pouvoir tirer ni gagner plus que le commun des associés. Le propriétaire de la saline ne s'occupe que de payer

les 19 sapèques, prix convenu pour chaque tirage : chacun à droit à trois tirages consécutifs.

Comme pour les tireurs de halage, une sorte de baudrier traverse obliquement la poitrine, passant sur l'épaule droite et sous le bras gauche ; il est réuni derrière par une corde qui va se fixer aux barres du cabestan, dont seize rais dépassent d'un pied la circonférence ; entre chaque se place un tireur. Les deux sexes alternent, ce qui, vu les mœurs dépravées de ces personnages et leur peu de vêtements, donne lieu souvent à des scènes de dévergondage qui étonneraient beaucoup ceux qui, d'après certains livres, croient les Chinois très réservés à l'extérieur.

L'équipage, tirant sur ses baudriers, poussant sur les rais, se met en marche à l'ordre de son chef de file ; quand le pas est bien emboité, celui-ci entonne un air d'un rythme fort lent où chaque vers reçoit sa réplique de l'équipage ; petit à petit, le mouvement s'accélère et le couplet prend un air de marche ; enfin lorsque les tireurs prennent le pas de course, ce ne sont plus que deux notes gutturales répétées alternativement, et terminées, quand le bambou puiseur apparaît, par un hurlement d'ensemble.

Ces couplets et refrains sont ordinairement sur des sujets d'une ordurière malpropreté ; mais quand des personnages vont assister à ce puisage, le chef de file sait trouver dans son répertoire quelques innocents couplets. C'est l'honneur qu'ils nous ont fait la dernière fois que le P. Boucheré et moi nous allâmes voir une de ces machines : le chant que nous avons entendu consistait en une de ces histoires populaires de morale en action où la vertu reçoit sa récompense de quelque empereur ou grand mandarin, parfois même de quelque divinité. La vertu requise pour cela n'est que la vertu chinoise ; les actes en sont quelquefois assez drôles, par exemple

vendre sa femme au voisin pour nourrir ses parents. Quant à la récompense, c'est toujours une dignité de grand mandarin accompagnée d'un beau mariage et de beaucoup de globules d'argent.

Nous avons dit qu'après avoir vidé le bambou-puiseur, on le redescend immédiatement dans le trou de sonde. Ceci n'a lieu que pour les puits de beau rendement, où le niveau de l'eau salée se rétablit pendant le tirage. Certains puits moins fortunés demandent plus de temps, ce qui, combiné avec les dimensions fort variées des puiseurs, donne des différences très considérables entre la richesse des puits.

A Pong-ky on ne tire le bambou que deux fois par jour, matin et soir; le bambou étant très petit, c'est une petite charge d'eau de 80 litres environ par jour. Voilà le minimum. Aux Grandes Salines, généralement le puiseur peut être redescendu de suite: on obtient ainsi, suivant la profondeur, 2, 3 ou 4 tirages par heure. La mesure commune de l'eau est la charge de 320 bols étalons dont 2 3/4 font un litre, soit 4/11 de litre pour un bol, 116 litres à la charge dont le poids est de plus de 200 livres chinoises (127 kilogrammes), en prenant $1^{kg},1$ pour moyenne de densité. Les plus petits bambous donnent environ une charge à chaque tirage; les plus gros, de 5 ou 6 pouces de diamètre intérieur sur 10 à 14 *tchang* de longueur, tirent chaque fois de 620 à 950 litres, soit près d'un mètre cube, en tenant compte des fuites; ce dernier chiffre donne un peu plus de 8 charges d'eau. A raison de deux fois par heure, cela devrait faire 384 charges d'eau par jour, néanmoins les Chinois ne comptent pour les puits les plus productifs que 360 charges par jour, ce qui est encore un beau revenu, car ces eaux profondes contiennent de 18 à 28 p. 100 de sel. En prenant 20 p. 100 comme moyenne de saturation et 30 sapèques la livre de sel comme

moyenne de vente, le rendement d'un beau puits
donc par jour de 41.760 litres, pesant 72.000 livres
noises, et pouvant donner 14.400 livres de sel,
432 ligatures (2.610 francs). Au bout de l'an,
15 *ouan* et demi de ligatures, près de 800.000 francs
rendement.

Pétrole. — Avant de terminer cet article du
disons quelques mots du pétrole que les Chinois
parfois avec l'eau salée qu'ils cherchent. Aux
Salines le cas est assez fréquent. Comme nous
vu, certains puits contiennent à la fois des sources
salée, de pétrole et de gaz. Si le gaz est abondant
néglige l'eau et le bitume ; sinon, c'est le gaz
délaissé pour extraire seulement l'eau salée avec
trole. Le puisage se fait de la même manière.

Si le pétrole se trouve seul, on le reçoit dans des
voirs à part. S'il sort concurremment avec l'eau
on envoie le tout dans les réservoirs ordinaires
le pétrole surnage. On va l'enlever ou l'écrémer
des poches plates.

Ces pétroles sont de quatre couleurs : le plus
d'un *blanc de petit lait*, est une huile de pétrole
pure pour donner un bon éclairage ; le *blanc verdâtre*
moins estimé ; vient ensuite le *jaune*, puis le
dernier est visqueux, donne peu de lumière et beaucoup
de fumée.

Les Chinois ne savent nullement purifier ces huiles
ils les emploient telles qu'elles, dans des lampes
ciales bien fermées et ne laissant passage qu'à la
car ces produits naturels, n'étant pas débarrassés
carbures trop volatils, sont très inflammables. Le
moyen du pétrole aux salines est de 40 à 50 sapèques
livre.

La médecine chinoise fait usage du pétrole dans

taines maladies de la peau, et contre les douleurs rhumatismales. Les Chinois trouvent très extraordinaire que cette huile soufflée au bout d'une paille fasse des bulles semblables aux bulles de savon qui ont tant amusé notre enfance.

Le nombre des puits de pétrole exploités est de 30 à 40 aux Grandes Salines et d'une cinquantaine dans toute la province.

Température des eaux. — Je n'ai rien dit de la température des eaux puisées à ces profondeurs. La raison en est que par suite de la lenteur mise à remonter le puiseur, ces eaux arrivent à la surface avec une chaleur bien inférieure à celle du départ. Aussi les Chinois disent qu'il n'y a pas de différence sensible de température entre ces eaux, qu'elles soient puisées à 100, 200 ou 300 *tchang* de profondeur. Cependant si l'accroissement moyen d'un degré centigrade par 20 ou 30 mètres se vérifie dans ces puits salins, entre le maximum et le minimum de chaleur des puits on devrait trouver un écart d'au moins 30° centigrades. Mais jusqu'ici, faute de thermomètres construits à cet effet, la vérification n'a pas été possible.

Les eaux des puits moins profonds, au-dessous de 100 tchang (330 mètres) arrivent à l'extérieur avec une température égale à celle de l'atmosphère pendant une partie de l'année où la moyenne du climat est de 15° à 20° centigrades ; les eaux des puits très profonds, de 150 à 320 *tchang* (500 à 1.100 mètres), ont une moyenne à peu près constante de 20° à 25° centigrades. Comme en été la moyenne du climat est au moins de 25°, et que le thermomètre monte souvent à 38° et 40°, la chaleur des eaux de tous les puits à leur sortie est inférieure à celle de l'air ambiant.

CHAPITRE VII. — Le transport. — Les norias.

Nous avons vu qu'à côté de chaque puits se trouve un réservoir pour recevoir les eaux salées au moment de leur extraction. Il faut de là les amener jusqu'aux lieux de salinage. Même lorsque l'évaporation se fait au charbon, les fourneaux ne sont pas toujours à côté des puits, surtout lorsqu'un certain nombre de puits placés en des points différents ont le même centre d'évaporation. A plus forte raison pour les *puits de feu.* Certaines salines en sont très éloignées, et comme il y a grande économie à se servir de ce mode de chauffage, de tous côtés les eaux sont amenées vers ces bouches de gaz naturel.

D'ailleurs chaque propriétaire de puits n'évapore pas son eau lui-même. Beaucoup se contentent de puiser et vendent leur eau soit directement aux fourneaux, soit à des entrepreneurs qui exécutent le transport par les porteurs ou les norias. L'eau se vend à la charge de 320 *bols*, en tenant compte du degré de concentration.

Transports par seaux. — Pour les petites distances, l'eau se transporte dans des seaux de bois très grands, de sorte qu'une charge n'en remplit que les deux tiers. Un filet de corde, placé en couronne au niveau de l'eau, empêche le clapotage de l'eau pour rendre le transport plus facile et les pertes d'eau moins considérables; de plus, précaution contre les fraudes, il marque le niveau où doit s'élever l'eau pour que la charge soit entière. On voit dans les *fig.* 2 et 5, Pl. XIV, la manière dont les Chinois portent ces seaux avec une palanche.

Une charge d'eau, 200 livres, est un rude fardeau pour un homme, aussi ces porteurs font-ils des pas très

courts et très accélérés et se reposent-ils souvent. Les plus faibles s'entendent pour porter deux charges divisées en trois, ou bien ils ont avec eux un enfant qui divise une partie de la charge en de petits seaux. Au départ, pour chaque charge complète, une languette de bambou munie de marques est remise au porteur; à l'arrivée, la constatation du nombre des charges et le paiement du transport se font sur le compte des jetons sans s'occuper des divisions que les porteurs ont pu faire entre eux.

Le costume de ces portefaix, des plus primitifs, est un simple pagne d'un pied de large. Une ficelle sert de ceinture et retient les extrémités de ce langouti qui pend vaguement entre les cuisses. Il n'embarrasse pas les jambes, ne s'accroche pas aux larges seaux, laisse la sueur couler à son aise, et se lave facilement. La pudeur s'en arrange comme elle peut; elle ne s'en arrange même pas du tout. Sur ce point, les Chinois, surtout le populaire, sont beaucoup moins délicats que ne porte leur renommée, et souvent ces portefaix, gens sans vergogne, profitent de la simplicité de leur costume pour narguer la pudeur au moins officielle des femmes qu'ils rencontrent; leurs gestes, leurs propos et leur lazzis dépassent tout ce qu'on peut imaginer en fait d'effronterie.

Pour les grandes distances, ce mode de transport serait trop dispendieux. L'eau est donc conduite par un système de tuyaux et de réservoirs jusqu'aux lieux d'évaporation. Mais l'orifice de beaucoup de puits est à un niveau inférieur à celui des fourneaux; de plus, dans ce pays accidenté, il faut passer collines sur collines. L'eau doit donc être préalablement élevée à un niveau supérieur.

Machines élévatoires. — Les Chinois ont un certain nombre de machines élévatoires: la culture des rizières

l'exige pour ne pas laisser les champs à sec lorsque les pluies se font attendre. Lorsqu'un cours d'eau présente un courant, c'est la noria antique qui pour eux est le système le plus économique : le bambou en fait tous les frais ; il est léger, solide, élastique, et permet de grandes dimensions. J'en ai vu de 3 à 4 *tchang* de diamètre (10 à 12 mètres). Ils s'en servent aussi en l'absence de cours d'eau, au moyen d'ouvriers qui montent dans l'intérieur de la roue. En fait de machines à moteurs, hommes ou chevaux, ils ont le chapelet incliné qui fonctionne par manivelle à main ou par un arbre à palettes que font tourner avec les pieds des ouvriers montés sur un tréteau. Le chapelet vertical, mû par des chevaux, est aussi en usage pour les hauteurs plus considérables. Enfin les Chinois ont la noria à chaîne et godets actionnée par un manège.

Le chapelet incliné n'est guère employé aux [illegible] Salines que pour élever jusqu'aux réservoirs des [illegible] les eaux salées amenées par barque sur la rivière aux époques des grandes eaux, mais le nombre des noria[illegible] manège est très considérable. Les Chinois cherchent à faire gagner de suite à l'eau salée un niveau supérieur à tous les points de passage jusqu'aux fourneaux. [illegible] endroit élevé, elle peut s'en aller par des tuyaux [illegible] suivent des routes en zigzag suivant les nécessités du terrain.

Le bâtiment d'une noria (*fig.* 4, Pl. XIV) est un bâti pyramidal à quatre faces, de 3 à 4 *tchang* de hauteur ; les colonnes des angles sont énormes et souvent renforcées par des croix de Saint-André placées à l'intérieur entre les colonnes. Le réservoir inférieur est en ciment hydraulique de chaux et de tuiles pulvérisées. Une double chaîne sans fin en bois porte sur toute sa longueur des godets ou boîtes rectangulaires. Il n'y a pas de tambour inférieur dans le réservoir.

Le tambour supérieur est mobile sur son axe horizontal

tal immobile ; les dents de sa circonférence correspondent aux vides entre les godets et sont d'ailleurs assez longues pour faire engrenage avec la roue horizontale du manège qui tourne au-dessus du tambour. Le réservoir de réception est un auget en bois placé dans le tambour sur l'axe ; cette pièce de bois est assez grosse pour être creusée à sa partie supérieure d'une forte cannelure par laquelle les eaux de l'auget s'écoulent soit dans le réservoir inférieur d'une autre noria, soit dans le réservoir de départ.

Un mulet, les yeux bandés, est amené au manège par un chemin établi en pilotis sur des poutres. Il met en mouvement la machine au moyen d'une pièce de bois fixée par des cordes à l'un des rais de la roue horizontale. Il travaille pendant la durée de deux crans du bâtonnet d'encens régulateur. Deux autres lui succèdent, chacun pendant le même temps, puis son tour revient. Après avoir ainsi travaillé chacun trois fois, ces trois mulets sont remplacés par trois autres et vont se reposer un jour entier. Une noria, pour marcher jour et nuit, demande de vingt à trente mulets.

Cette machine toute en bois a beaucoup de défauts : l'absence de tambour inférieur donne au chapelet de godets une liberté d'oscillation augmentée par l'imperfection de l'engrenage et de son montage ; les godets, outre une forme rectangulaire défectueuse, ont beaucoup de fissures ; l'auget récepteur est trop petit et très mal installé, aussi l'eau retombe en véritables cascades, et l'effet utile de cette noria à manège est bien inférieur au travail dépensé.

Voici des chiffres : la noria chinoise, pour une hauteur de deux *tchang* et demi ($8^{m},30$) élève par journée de 24 heures de travail 700 à 800 charges d'eau, soit 81 à 92 mètres cubes. Ce n'est guère que les 3/10 du

travail dépensé. Une noria mieux disposée pourrait ner les sept ou huit dixièmes du travail moteur.

Plusieurs fois des Européens ont proposé aux triels chinois des modifications utiles ; la plupart temps, ils se sont heurtés à cette réponse : « Non, il faut que la machine soit ainsi construite pour marche ! S'il y avait mieux, est-ce que nos pères raient pas inventé ? » Tout l'orgueil et toute la chinoise sont dans cette réponse. Ajoutons du reste ceux qui s'aviseraient de se lancer dans le d'utiliser quelque perfectionnement, pourraient s'en repentir.

Un jour, il y a de cela quelque vingt ans, un nais qui avait couru le monde arriva aux Salines. au service des Américains, il avait eu le loisir de machines mieux faites. Il finit par persuader à un triel de ses amis de corriger sa noria. Le travail bien qu'avec la nouvelle machine on arrivait à un ment presque double. L'infortunée ne fit pas long Les autres industriels par jalousie, les porteurs d' crainte de se voir enlever leur gagne-riz, firent et un beau jour, armés de pics et de bâtons, ils tout démolir. Le mandarin punit pour la forme et légèrement possible quelques coupables parmi les diables, ne fit donner aucune indemnité au lésé, et gea celui-ci à ne plus faire des machines qui n' pas dans le goût du peuple.

Les norias sont donc restées avec leurs défauts. seule avec ses accessoires coûte 1.000 ligatures tallation. La dépense annuelle d'entretien, personnel mulets, est aussi d'environ 1.000 ligatures.

Il est rare qu'une seule noria suffise pour élever à la hauteur voulue. On en dispose donc toute une Des caisses coniques en bois garnies de ciment lique servent d'intermédiaires aux changements

brusques de direction; d'autres reçoivent les eaux de plusieurs norias.

Les tuyaux de conduite sont en bambous rajustés et enduits de mastic, comme les tuyaux protecteurs. Ils sont munis extérieurement d'une armature en treillis de lanières de bambou fortement serrée. On les voit tantôt simplement posés sur le sol, tantôt enfoncés sous terre, tantôt installés sur des chevalets et des tréteaux, où ils tiennent comme ils peuvent; parfois même ils passent la rivière sous l'eau. Pour cela les Chinois, pendant les basses eaux d'hiver, taillent un petit canal dans le rocher qui forme le lit de la rivière, ou bien ils l'établissent avec des pierres de taille. Les tuyaux une fois placés dans ce canal, ils recouvrent le tout de vieilles cuvettes de salinage renversées. Les plus fortes eaux ne peuvent les emporter ni détériorer les tuyaux.

Les propriétaires des terrains où passent ces conduites se font payer une location ou indemnité. C'est ordinairement une redevance annuelle d'un prix assez élevé, bien supérieur à ce que pourrait rapporter la culture de ce terrain. Comme il y a des conduites de tous côtés, on conçoit que la culture n'est pas facile ; du reste, en laissant simplement croître l'herbe, les propriétaires se font un bon revenu presque sans aucun travail, ce qui est l'idéal de tout bon Chinois. Le nombre considérable de buffles et de mulets employés aux salines maintient en effet le prix de l'herbe fraîche à un taux assez élevé, dans un pays où le foin sec, le trèfle et la luzerne sont inconnus. En 1884, année de sécheresse, l'herbe fraîche s'est vendue jusqu'à huit sapèques la livre; le prix ordinaire est de deux à trois sapèques.

En comptant toutes les dépenses d'installation et d'entretien, l'ensemble d'une série de norias avec ses conduites représente le revenu d'un capital de cinq à six *ouan* d'argent au moins et de dix *ouan* au plus.

Arrivée aux fourneaux, l'eau est reçue dans des rés-
voirs appartenant à chaque propriétaire : c'est là
s'établit le compte des pertes de transport. Les Ch
estiment la perte par noria à 300 charges d'ea
mois, soit 1/80 de l'eau élevée ; avec plusieurs
cela peut donc aller jusqu'à 1/20 ou même 1/13 de l'
transportée. Mais cette évaluation en quantité est
rieure à la réalité de la perte en sel, car la dimin
volume des eaux est due en partie à l'évaporati
pendant le travail d'élévation : on a gagné en con
tion une partie de ce qu'on a perdu sur la quantité,
qu'il ne soit pas facile de le faire comprendre
Chinois.

CHAPITRE VIII. — Le salinage.

Degré de saturation des eaux. — Avant de
mode d'évaporation des Chinois, il faut dire un
degré de saturation des eaux et de leur composi

D'abord comment les Chinois constatent-ils le
de saturation ? Leur système est assez simple.
avons vu qu'il existe aux Grandes Salines un *bol é*
sure dont 320 font une charge ; tous les comptes
de transport d'eau salée, se font avec ce bol-étalo
base : c'est lui aussi qui est le *bol d'essai* et sert à
men ; son contenu d'eau salée est évaporé en une
casserole *ad hoc ;* le poids du sel cristallisé,
lorsque l'eau-mère a acquis un certain degré d'amert
donnera, suivant la saturation des eaux, un *liang* ou
1 once, 2..., 2 onces, 2 onces 1/2 de sel par bol.

Remarquons que cet examen ne donne pas tout le
cristallisable qu'on pourra trouver lors du salinage
parfait que cette évaporation d'essai. On peut
admettre que sur les 11 à 12 onces environ que

l'eau du *bol d'essai*, on n'obtient que le sel contenu dans 10 onces d'eau. Ainsi l'on a la facilité et la clarté d'une proportion décimale : une once de sel par bol équivaut à 10 p. 100, 1°,5 à 15 p. 100, etc.

De plus, comme le nombre des bols à la charge ($320 = 16 \times 20$) est un multiple de 16, nombre des onces à la livre, une fois que les Chinois savent le degré de salure par *bol d'essai*, une simple multiplication par 2 leur donne le nombre de livres à la charge. Ainsi, pour 1°,2 de salure, par exemple, on a : $\frac{1,2\,(16 \times 20)}{16} = 12 \times 2$.

Il faut reconnaître que ce système est assez ingénieux.

Lorsque les eaux contiennent moins de 7 à 8 p. 100 de sel, aux Grandes Salines, les Chinois, qui n'ont pas de bâtiments de graduation, délaissent ces eaux, car l'exploitation n'en serait pas lucrative. Les seules eaux qu'ils évaporent sont les eaux jaunes et noires. Les premières ne se trouvent jamais à une profondeur moindre de 80 *tchang*; la proportion de sel est de 8 à 10 ou 12 p. 100, et va en augmentant jusqu'à la profondeur de 150 *tchang* où elle atteint 15 à 16 p. 100. Vient ensuite une série de couches, région du charbon et des puits de feu, où l'on ne trouve pas d'eau salée. A 220 *tchang* et au delà jusqu'à 320 *tchang* sourdent les eaux noires dont la saturation va de 15 à 28 p. 100.

Outre le sel (chlorure de sodium), les eaux des salines contiennent encore en suspension des matières terreuses, en dissolution des sulfates de chaux, de magnésie et de potasse, probablement à l'état de sulfate triple ; des chlorures de calcium, de potassium et de magnésium, le premier surtout en abondance ; enfin des traces d'iode. La présence du chlorure de potassium et de l'iode, la nature des sulfates pourraient faire croire qu'on se trouve en présence d'un lac salé jadis alimenté ou de terrains jadis inondés par les eaux de la mer. Les eaux noires

sont aussi très souvent chargées d'acide sulfhydriq
s'évapore assez rapidement pendant les transports.

Salinages. — Les Chinois n'emploient pas simple
l'eau salée pour le salinage, aussi nous allons dire
mot des différentes choses qui servent dans ce
Le *Teou-tsiang* joue le plus grand rôle. Il vient du
teou, plante de la famille des Légumineuses pap
cées, espèce de *Dolichos*, appelée, je crois, par
ques-uns *haricot soya*. Les graines, mises à
dans l'eau tiède avec laquelle on les passe ensuite
meule, donnent une bouillie qui est le *teou-tsiang*.
ci, passé à travers un linge pour le débarrasser des
(*teou-tcha*), est un lait végétal, composé d'albu
d'huile, de sucres et surtout de caséine ou *légum*
proportion beaucoup plus considérable que dans
autre plante de la même famille.

Si dans ce lait on jette et mêle un peu de s
chaux (*che-kao*) ou de chlorure de calcium (*tan-*
tan-pa) la caséine et l'albumine se coagulent et
pitent aussitôt. Le caillé formé, soumis à légère
donne, après égouttage, une sorte de fromage, *teou-*
qui entre pour une large part dans l'alimentation
Chinois.

Pour le salinage, les Chinois se servent du *teou-tsi*
non débarrassé de ses fibres végétales. Ils emploient
outre le *Hoa-chouy*, le *Tcha-yen*, et le *Lao-chouy*.

Le *Hoa-chouy* est de l'eau des puits salins que l
clarifiée à feu doux au moyen du *teou-tsiang*; elle
presqu'incolore, et purifiée par l'écumage de beauc
de sels étrangers. Si l'on pousse l'évaporation de ce
eau, il se dépose à la surface du sel cristallisé qui,
égoutté, est très fin et très pur : c'est le *Tcha-yen*. L
qu'on retire le sel cristallisé à la fin du salinage, on l
rose avec du *Hoa-chouy*; l'eau qui s'écoule est
Lao-chouy.

Nous avons vu que l'eau des puits salés arrive, soit transportée dans des seaux, soit élevée par les norias et amenée par des conduites, jusqu'aux réservoirs placés près des lieux d'évaporation. Si le niveau de ces derniers réservoirs est plus élevé que les fourneaux, il est facile, au moyen de tubes en bambous, d'amener l'eau dans les marmites. Dans le cas contraire, un ouvrier monté sur un plancher élevé au-dessus du réservoir puise cette eau au moyen d'un seau à bascule pour l'envoyer dans le réservoir distributeur.

Aux Grandes Salines, l'évaporation se fait dans de grandes cuvettes en fonte de fer : leur forme est celle de calottes sphériques dont la circonférence des bords a 13 pieds, soit un peu plus de 4 pieds de diamètre (environ $1^{m},40$); la hauteur centrale est de $1^{pouce},7$, l'épaisseur des bords 1 pouce, celle du centre 1 pouce 1/2. Ces cuvettes de salinage sont appelées par les Chinois *marmites* ou *chaudières* à sel, et pèsent environ 1.000 livres.

Les Chinois ont deux manières de procéder à l'évaporation suivant le sel qu'ils veulent obtenir.

Sel en grains. — Pour obtenir ce sel, les Chinois mêlent des eaux jaunes en proportion de 60 p. 100, à 40 p. 100 d'eaux noires, de façon à préparer une eau contenant de 17 à 18 p. 100 de sel. La profondeur de la cuvette est augmentée par un simple rebord en terre gâchée. Ils chauffent d'abord en laissant arriver de l'eau salée pendant un certain temps. Après l'arrêt de l'eau, dès que la concentration est suffisante, apparaît le *schlot* (*yen-tcha*) composé en grande partie des sulfates. L'ouvrier saunier ajoute alors deux pochons de *lao-chouy* qui fait écumer le schlot et permet de l'enlever facilement. Lorsqu'il ne vient plus d'écume il jette deux pochons de *tcha-yen* ou sel pur, qui doit se rendre aux bords, si la concentration est suffisante ; sinon, il fond et l'on continue

à chauffer. Alors seulement petit à petit le saunier jette la valeur de deux pochons de *teou-tsiang* qui se caille et entraîne avec lui une partie des chlorures et des sulfates avec les impuretés de l'eau. On enlève avec soin l'écume. Après quoi, il ne reste plus qu'à laisser l'évaporation se continuer : les cristaux de sel apparaissent et vont s'agglomérer sur les bords. On arrête l'opération quand il reste encore au fond de la marmite une certaine quantité d'eau qui contient principalement des chlorures et du sulfate de magnésie.

Par suite de la forme de la chaudière, le sel cristallisé donne un pain modérément compact en forme de couronne. On le retire pour le tasser dans des paniers de bambou placés sur un réservoir en pierre, on l'arrose avec le *Hoa-chouy* chaud qui entraîne facilement la plus grande partie des chlorures et sulfates adhérant au chlorure de sodium. Souvent ces paniers sont ensuite placés au-dessus des marmites pendant l'évaporation suivante : le sel humecté par la vapeur d'eau se débarrasse presque complètement de ses sels déliquescents.

Le sel ainsi obtenu se compose de grains assez adhérents pour former un pain de sel ou *salignon* qui demande une scie pour être découpé. Il prend différents noms suivant les pays. Les Chinois en distinguent de trois qualités : la première, où les grains sont très gros et très blancs, est un sel très pur ; la seconde, en grains beaucoup plus fins, très blancs aussi, contient des sels déliquescents et perd de son poids avec le temps ; la troisième, où les grains sont gris, est obtenue par l'évaporation de l'eau où l'on a fait détremper les terres imbibées de salins, enlevées aux environs des puits ou dans les ateliers de salinage : ce sel est beaucoup plus chargé que les autres de matières terreuses.

L'eau qui reste au fond des marmites, *tan-chouy*, est tantôt rejetée, tantôt recueillie par des industriels qui

l'évaporent pour obtenir le chlorure de calcium à l'état sec, *tan-pa*. Ils l'enferment ensuite dans des paniers de bambou en forme d'amphores, garnis à l'intérieur d'un enduit imperméable et fermés d'un couvercle qui ne laisse pas passage à l'air. Ce chlorure s'expédie au loin ; je ne crois pas que les Chinois s'en servent pour autre chose que pour obtenir le précipité de leur fromage de haricots.

Sel en pierre ou en croûte. — Pour ce salinage, la cuvette doit être rendue beaucoup plus profonde. Les Chinois ont à cet effet pour chaque marmite vingt plaques de fer d'une vingtaine de livres chacune qui ont été coulées en forme de demi-douves de tonneaux de telle façon que, dressées tout autour sur les bords de la cuvette, elles forment un cône tronqué d'un pied à un pied et demi de hauteur ; la réunion de ces pièces par un lut argileux donne une chaudière profonde dont le diamètre supérieur a un demi-pied de moins que le diamètre inférieur.

L'eau d'évaporation est un mélange d'eau jaune, 70 p. 100, à de l'eau noire (30 p. 100), qui contient 16 à 17 p. 100 de sel.

Il y a d'abord un jour entier de chauffage pendant lequel on laisse arriver l'eau salée. Quand par l'addition de *tcha-yen* qui ne fond pas, les Chinois jugent l'eau assez concentrée, il commencent à ajouter le *teou-tsiang* et à écumer, tout en laissant encore arriver de l'eau de salinage. Cette opération dure une demi-journée ; après quoi, on arrête l'eau pour terminer par deux ou trois écumages au *teou-tsiang*. Grâce à la quantité de cette bouillie employée, l'eau de la cuvette est assez propre et ne contient que fort peu de sels déliquescents. Bientôt le salinage commence, et après douze heures de fort chauffage il est terminé ; il ne reste plus d'eau ; le

sel, refondu dans son eau de cristallisation, forme un gros gâteau de 4 à 5 pouces d'épaisseur sur 4 pieds de diamètre, et du poids de 500 livres environ.

Le peu de sels étrangers que contenait l'eau est cristallisé avec le chlorure de sodium. Autrefois les Chinois, pour s'en débarrasser, après avoir retiré le salignon de la marmite, le portaient sur une autre marmite froide, et l'arrosaient d'une dissolution de carbonate de potasse ou de chlorure de calcium, mais ils ont reconnu que ce procédé ne donnait presqu'aucun résultat, et maintenant ils y ont renoncé.

Si la purification de l'eau n'a pas été poussée assez loin et qu'il y reste trop de sels déliquescents, le salignon a un trou au milieu, sans compter beaucoup d'autres creux qui se forment rapidement dans les autres parties. Quand l'eau a été bien purifiée, et le chauffage de la fin bien régulier, le salignon est un pain compact très-dur, qui ne se laisse briser qu'à grands coups de marteaux. Il perd peu à peu les sels déliquescents qu'il contient.

Naturellement ce sel a une couleur d'un blanc plus ou moins pur selon les eaux qui ont servi et le degré de purification. Lorsque le clairçage et l'écumage ont été parfaits, sauf une mince couche grisâtre à la partie inférieure, ce sel est très blanc ; généralement il a une légère teinte jaunâtre. Cependant on trouve du sel en pierre presque noir ! Pourquoi cela ? Parce qu'en certains pays, dès les temps anciens, l'opinion publique est que le sel noir sale beaucoup plus que tout autre : en ces régions, aucun citoyen ne veut de sel blanc, il se prendrait lui-même pour un sot, s'il en achetait contrairement au jugement de ses ancêtres. Pour satisfaire cette opinion et faciliter la vente, les ouvriers sauniers vers la fin du salinage ajoutent du noir de fumée dans la marmite, et obtiennent ainsi un sel gris-noir, première qualité pour les pays en question. En d'autres pays, le sel

à croûte bien luisante est estimé : à la fin du travail, le saunier jette sur le salignon un peu de graisse qui se répand sur toute la surface et la rend brillante.

Le salinage du sel en grains dure de douze à vingt-quatre heures, suivant l'intensité du feu et donne 100 livres de sel et plus par marmite. Celui du sel en pierre demande à peu près quarante-huit heures de feu et donne environ 500 livres de sel. Le prix de ce dernier est un peu plus élevé que celui du premier, car contenant moins d'eau de cristallisation, il sale davantage à même poids.

Les cuvettes qui servent pour le sel en grains font un assez long usage; il est rare qu'elles soient percées avant deux ans, et souvent elles durent une dizaine d'années. Celles qui servent pour le sel en pierre durent au plus huit à neuf mois, souvent même elles sont hors d'usage après quelques salinages. Les Chinois disent que les 50 premiers salinages donnent du beau sel; après quoi l'ajustage doit être démonté et refait à neuf; les 50 salinages suivant donnent du sel inférieur, et les 50 derniers du sel encore moins beau. Je crois que cela tient à ce que les ouvriers, de crainte de voir la cuvette se percer, chauffent de moins en moins fort. Après ces 150 salinages, la marmite, si elle a bien voulu durer jusque-là, est impropre à ce genre d'évaporation, mais elle peut encore servir quelque temps pour le sel en grains.

Les fonderies pour ces grandes *marmites* sont établies dans la sous-préfecture de Kiang-tsin, à cinq ou six jours de marche des Grandes Salines. Des barques les y amènent et leur prix est alors de 38 à 40 taëls; seulement, lorsqu'elles sont hors d'usage, la vieille fonte revient de droit au fondeur, qui l'emporte pour la mêler à la fonte neuve dans les nouvelles coulées. Une légère déduction est faite sur le prix de la marmite neuve, suivant le poids du fer de la cuvette hors de service. Impos-

sible d'acheter des marmites en dehors de ces condi... impossible aussi d'établir des fonderies pour ces ... de salinage dans le pays des Salines. Ainsi le ... la coutume et le monopole.

La plupart des marmites des autres pays de ... salés ne pèsent que 300 livres et ont du reste la ... forme sur des dimensions inférieures. Leur durée ... que de quelques mois. On en trouve même de 60 ... 40 livres. Ces petites marmites se font dans ... pays où le fer et le charbon abondent.

CHAPITRE IX. — Le chauffage. — Les puits de f...

Tous les pays de salines sont loin d'être aussi ... nés que Fou-chouen où se trouvent les grands *Puits* ... *feu*. Il faut donc recourir aux autres combustibles ... l'on peut diviser en trois classes : la paille, le bois ... charbon de terre.

Chauffage à la paille. — Sous le nom général ... *paille* sont comprises les pailles proprement dites ... d'orge et de blé ; les tiges de plantes : pois, fèves ... cots, colza, pavots, sorghos ; enfin l'herbe coupée ... à cette intention. On peut s'étonner de voir pareils ... bustibles employés pour une opération comme le ... qui demande un chauffage prolongé. Cependant ... sieurs régions : Pong-ky, Lan-pou, Si-tchong et ... encore, sans les pailles, il faudrait renoncer au sa...

C'est que, dans tout le centre de la province ... tchoan, on ne trouve plus une seule forêt, pas même ... bois d'un hectare d'étendue : l'agriculture a tout ... ché, l'appauvrissement des familles a fait couper pre... tous les arbres. Des champs, des rizières, des ba... teries autour des maisons, quelques cyprès sur les ... des champs, voilà le monotone aspect du pays, sur ...

sieurs centaines de lieues. Les beaux cyprès y deviennent très rares, car cet arbre grandit lentement, et avant qu'il ait atteint sa belle croissance, la famille du propriétaire souvent s'appauvrit. En ce cas, une des premières choses que sacrifient les Chinois, ce sont leurs arbres, souvent sans se donner la peine de replanter sur un terrain qu'ils prévoient devoir être obligés de vendre bientôt.

Le charbon de terre est abondant, il est vrai, dans la province, mais pas dans le centre, sauf dans la chaîne dont nous avons parlé. Aussi en dehors du voisinage des houillères, le charbon n'est à bon marché que sur le parcours des rivières où le transport par barques est à prix modéré. Dès qu'un pays de salines est éloigné des mines et d'une rivière navigable, le transport ne peut s'y faire que par les portefaix ou à dos de mulets. Le prix de l'once du charbon y atteint facilement le prix de la livre dans les pays houillers ; s'en servir pour le salinage, serait courir à la faillite. A défaut d'autres combustibles, on a donc recours à la paille.

Sur un foyer allongé sont disposées trois chaudières : un ouvrier placé dans une excavation en face du foyer jette la paille patiemment et petit à petit, de façon à chauffer également les trois marmites. La fumée s'en va par une cheminée placée à l'extrémité opposée à l'ouvrier. Dans les pays où ce mode de chauffage est employé, il n'y a pas de clairçage préalable au *teou-tsiang*. Au fur et à mesure que le sel vient cristalliser à la surface de l'eau modérément chauffée, on enlève la croûte qu'il forme. Mais ce sel est plus chargé de sels déliquescents que les autres. Un salinage dure huit jours, pendant lesquels les chauffeurs sont changés de six en six heures.

Chauffage au bois. — Le bois donne un chauffage

meilleur et plus commode, mais le nombre des salines qui peuvent l'employer est très restreint à cause de son haut prix. Il n'y a guère, je crois, que les salines de La-pou, situées sur le bord de la rivière de Pao-lin et qui peuvent se procurer à bon compte les bois de cyprès et de chênes qui descendent des pays boisés de Koang-yuen et surtout de Tsang-ky. Encore, pour ces salines, la houille qui vient aussi de Koang-yuen est-elle plus économique.

Chauffage à la houille. — Le charbon de terre donne un salinage plus rapide, entre douze et vingt-quatre heures pour le sel en grains, trois jours pour le sel en pierre. On voit dans la *fig.* 5, Pl. XIV, comment les marmites sont installées afin de permettre aux ouvriers de s'en approcher facilement pour le clairçage et les autres travaux.

Chauffage au gaz. Puits de feu. — Aucun combustible cependant ne permet un salinage aussi rapide que le chauffage au gaz naturel ; douze heures et quelquefois moins, pour le sel en grains, deux jours pour le sel en pierre.

Comme nous l'avons dit ce gaz surgit à deux profondeurs très différentes. Celui que l'on rencontre à quelques dizaines de *tchang* de la surface brûle avec une flamme assez blanche et n'est jamais très abondant ; le gaz d'un puits suffit pour chauffer quinze à trente marmites. A la profondeur de 200 *tchang* (670 mètres) et au delà surgissent les jets les plus forts, qui peuvent entretenir, même avec le système très défectueux des Chinois, de 600 à 1.200 marmites.

C'est un hydrogène carboné, peu riche en carbone, quelquefois sulfuré, qui brûle avec une flamme bleue et jaune, donnant peu de lumière et beaucoup de chaleur

Il est très rare que la découverte d'un de ces jets de gaz se fasse sans accident. Comme les Chinois ne les prévoient pas et ne les rencontrent qu'en cherchant les profondes sources salées, au moment où la sonde emporte le dernier obstacle qui s'opposait à la sortie du gaz, celui-ci s'échappe avec une telle violence qu'il fait sauter la sonde hors du trou comme un boulet de canon, démolissant tout sur son passage. C'est alors un sauve-qui-peut général, et si, chose peu rare, il y a du feu dans le voisinage, le gaz s'allume tout à coup avec explosion à la sortie du puits.

La première fois que pareille chose est arrivée, pour éteindre ce bec immense dont la flamme s'élevait à plusieurs *tchang* de hauteur, les bons Chinois voulurent mettre un grand éteignoir sur cette gigantesque chandelle. Ils prirent une grosse cuvette de salinage, la suspendirent au milieu d'une longue pièce de bois, puis des ouvriers placés à chaque extrémité essayèrent tout simplement de la poser sur le trou. C'était aussi simple qu'ingénieux, et bien mal aurait été reçu le contradicteur qui eût osé douter de l'efficacité du remède. Cependant mal leur en prit, car la force du gaz fit sauter marmite, poutre et porteurs. Il n'en fallait pas moins pour faire condamner et rejeter le système de l'éteignoir.

On songea donc à autre chose, mais la difficulté augmenta rapidement. Lorsqu'un puits de feu est ainsi allumé, la chaleur fait fendre la terre tout autour du trou de sonde, le gaz se répand dans les fissures et brûle à la surface. Bientôt le foyer atteint cinq ou six *tchang* de diamètre, et la flamme s'élève à trois ou quatre *tchang*, incendiant par son intensité toutes les maisons voisines, à moins qu'on ne les démolisse au plus vite.

La lumière de cet immense bec de gaz s'aperçoit de deux à trois lieues. Lors de la rébellion, il y a une tren-

taine d'années, un certain nombre de ces *Puits de f* entre autres le *Mo-tse-tsin*, allumés par les reb brûlèrent au moins une année, éclairant tout le pay quinze lieues à la ronde.

Contre le feu, généralement pas d'autre remède q l'eau. Les Chinois ont mis longtemps à trouver le m de l'employer efficacement à éteindre ces puits e més. On conçoit, en effet, qu'une quantité d'eau i sante, amenée sur un pareil foyer, se vaporise imm tement, se décompose et ne fait qu'activer la flam faut amener une masse d'eau suffisante pour ne p vaporiser, inonder tout l'espace où brûle le gaz. per, ne fût-ce qu'une seconde, toute commu entre le jet et la flamme. D'autre part on ne peu cher de ce foyer sans s'exposer à être rôti.

Voici ce que font maintenant les Chinois. D'ab une certaine distance du foyer, sur ses quatre cô élèvent des remblais de terre que l'on arrose co lement. Puis, suivant la disposition du terrain, s quatre côtés ou au moins sur trois des côtés de c ils construisent de grands réservoirs en terre : de nœuvres apportent de la terre dans les oiseaux ; d de l'eau dans des seaux ; des ouvriers vêtus d mouillés et changés très souvent, travaillent da et la boue, gâchant la terre pour luter les parois réservoirs. Chacun de ces étangs artificiels porte face qui regarde le foyer une ou deux vannes Lorsqu'à force de patience, les ouvriers sont ar élever suffisamment les parois de ces réservoirs rendre imperméables, on invite quelques milliers d teurs d'eau. Malgré l'évaporation rapide causée p chaleur du foyer, ces porteurs arrivant à la file sa continuer sur plusieurs points à la fois, parvien remplir les réservoirs. On ouvre alors brusquement même temps toutes les vannes des étangs, l'eau s

cipite sur la terre brûlante, bouillonne avec fracas, se vaporise en sifflant et finit par tout couvrir. Au moment de l'interruption parfaite entre la flamme et le trou de sonde, on passe subitement du royaume du feu à celui de l'eau. Le foyer est remplacé par un petit étang d'eau jaunâtre au milieu duquel bouillonne le gaz qui continue à sortir.

Une barricade est établie, avec défense à tout individu porteur de feu de pénétrer à l'intérieur; interdiction qui dure jusqu'à la parfaite installation du puits. Sans cette précaution, comme aussi dans le cas où la quantité d'eau n'a pas été suffisante pour interrompre la communication entre la flamme et l'issue du gaz, celui-ci se rallume au-dessus de l'eau et l'opération est à recommencer. Grâce à leur négligence, les Chinois éprouvent ce contretemps souvent plus d'une fois avant de réussir.

Pour utiliser ce gaz, voici la manière dont les Chinois disposent l'orifice d'un puits de feu : ils creusent à la profondeur d'un *tchang* une grande excavation circulaire dont le trou de sonde occupe le centre. Un cône tronqué en forts madriers est installé dans ce trou avec son petit diamètre à la partie supérieure. La terre est fortement tassée tout autour. On recouvre le cône d'un couvercle en madriers qui porte au centre un trou muni d'une cheminée de bois calfeutrée, pour l'échappement du gaz jusqu'à complète installation.

Ceci est un premier réservoir, duquel partent sous le couvercle quelques gros tubes en bambous mastiqués qui conduisent le gaz à un ou plusieurs réservoirs distributeurs, placés au-dessus du sol. Ceux-ci sont faits en ciment hydraulique, en forme de demi-sphère dont la calotte supérieure est formée d'une grande cuvette de salinage renversée. C'est en arrivant avec force dans ces réservoirs que le gaz y produit le ronflement solennel et sourd qu'on entend parfois d'assez loin.

Des tubes en bambous enduits de mastic partent des parois latérales de ce distributeur pour amener le gaz sous chaque chaudière. La dernière partie de ces conduits, c'est-à-dire celle qui aboutit dans le bec de chauffage, est en fer.

Ce bec de chauffage (*fig.* 34, Pl. XV) placé sous la marmite est un cône de pierre d'un pied à peu près de hauteur, creusé à l'intérieur; le tube conducteur y aboutit par une ouverture latérale faite près de la base, le gaz se répand dans le cône et sort par un trou placé à la cime où on l'allume.

On conçoit comment, avec cette forme de bec, une partie du gaz, faute d'air suffisant, ne brûle pas et se répand dans l'air ambiant. Mais ce n'est pas tout: dans l'ensemble du système primitif, il n'y a aucune clef, aucun robinet. Quant l'ouvrier ne veut plus de feu, il prend une brique et la pose sur l'orifice du bec, le gaz s'éteint, mais continue à sortir, et se répand comme il veut dans l'atmosphère. Heureusement que toutes les maisons chinoises et surtout les hangars de salinage sont ouverts à tous les vents, et que le chauffage y produit de grands courants d'air, sans cela les accidents seraient quotidiens. Néanmoins l'odeur que répand ce gaz est très désagréable, et nuisible à la santé des ouvriers, qui ne peuvent rester longtemps dans cet air chaud et empesté.

Outre ces inconvénients, l'installation des Chinois a de plus le défaut de perdre une grande quantité de gaz que l'on pourrait emmagasiner. Il n'est pas à souhaiter que les Chinois, tant qu'ils seront ce qu'ils sont, établissent de grands gazomètres. Avec leur négligence et leur manière de faire les choses à moitié, de terribles accidents se produiraient trop souvent.

Quelques puits ont un débit de gaz supérieur à la consommation des marmites installées.

En ce cas, les Chinois laissaient autrefois échapper une partie du gaz par la cheminée du trou de sonde, mais les accidents étaient fréquents. Actuellement, dès que l'installation est complète, cette cheminée est enlevée, et le trou bien calfeutré. De gros tuyaux partant du premier réservoir vont aboutir à un grand mur en terre placé sur les limites de l'exploitation. Ces tuyaux, après avoir traversé le mur à un *tchang* du sol, se terminent par un bec d'un pied de long en bambou garni de terre réfractaire. Le surplus du gaz brûle là jour et nuit : dans l'obscurité ces grandes flammes bleues et jaunes, de 8 à 9 pieds de long, s'agitant au gré du moindre zéphyr, produisent une illumination fantastique.

On peut conclure de ce que nous avons dit qu'une installation plus parfaite permettrait d'augmenter le nombre des becs de salinage. J'ai calculé qu'on pourrait aisément les quintupler; mais il n'est pas possible de le faire comprendre aux Chinois.

La possession d'un puits de feu est un beau revenu, car voici le système des Chinois pour le louage des chaudières. Le propriétaire d'un puits de feu bâtit un hangar de salinage le plus économiquement possible et installe autant de cuvettes que le permettent le local et la puissance du jet de gaz. Après cela, il loue chaque foyer de salinage 50 taëls environ par an et n'a plus à s'occuper que d'une chose : c'est que le gaz arrive régulièrement dans chaque bec de chauffage. Lorsque la cuvette est hors d'usage, c'est au locataire à la remplacer, ainsi qu'à faire tous les travaux de réparation nécessités par le salinage. Quand le locataire se retire, il doit laisser une marmite neuve comme celle qu'il a trouvée en arrivant.

Les alentours d'un puits de feu à jet puissant, où de tous côtés arrivent les eaux salées pour l'évaporation, offrent le spectacle d'une grande activité. Ce centre commercial et ouvrier attire la population. Bientôt le vallon

et les coteaux se garnissent de constructions : outre les hangars de salinage, de nombreuses boutiques de petit commerce, des restaurants pour le riz, des débits d'eau-de-vie s'accumulent comme ils peuvent les uns sur les autres. Aux heures de départ du sel, la grande porte extérieure de la saunerie est envahie par la compagnie des portefaix, qui, suivant les règles de la société, attendent chacun leur tour pour gagner quelques sapèques. A l'intérieur c'est une véritable fournaise dont l'air chaud, chargé de vapeurs salines et sulfureuses, vous prend à la gorge et vous met bientôt en sueur; entre tous les foyers, dans cette atmosphère brûlante, s'agitent les ouvriers, la figure rouge, les yeux dilatés, le corps ruisselant de sueur qui ne peut mouiller leurs vêtements, car ils se contentent à peu près pour tout costume du clair-obscur qui règne dans leur domaine.

Mais lorsque le jet de gaz vient à cesser, c'est la mort : toute cette activité, tout ce bruit sont remplacés par la solitude et le silence avec la tristesse des ruines. Actuellement, à la suite d'une grève continuée par une petite rébellion, plusieurs puits de feu sont engorgés ; les grévistes y ont malignement jeté des instruments de fer difficiles à retirer. Un des plus beaux puits, celui de la meule, *Mo-tse-tsin*, est dans ce cas : jadis il alimentait un millier de chaudières ; maintenant on travaille à le dégorger. Seuls les bâtiments de sondage restent debout. Aux alentours, les boutiques, les hangars de salinage démolis n'ont plus laissé que leurs squelettes, murs en terre que les pluies et les vents nivellent petit à petit. Dès que le dégorgement aura réussi, dans un an, dans trois ans, peut-être dans dix ans, la vie et la fortune viendront de nouveau prendre possession de cette colline abandonnée.

Cette cessation complète du jet de gaz vient parfois des mêmes accidents qui obstruent le trou de sonde dans

les puits salés, et les Chinois y remédient de la même manière, mais souvent cette disparition du gaz n'a aucune cause apparente. On trouve aussi certains puits qui sont intermittents comme les sources salées, tandis que pour d'autres la puissance du jet va en croissant, sans nouveau travail de sondage.

Un fait remarquable est l'influence des changements atmosphériques sur le jet de gaz des puits peu profonds. Plus le ciel est clair, plus le temps est tranquille, plus aussi le jet de gaz est puissant; il diminue et va même jusqu'à disparaître momentanément par les temps brumeux et venteux. Les jets de gaz des puits de feu profonds sont beaucoup moins sensibles à ces variations atmosphériques, mais ils offrent une autre particularité, c'est la transsudation du gaz à travers les couches supérieures du terrain. Il suffit en effet de creuser, près de certaines fissures qui se produisent, un trou d'un pied de profondeur pour voir surgir du gaz. Les pauvres et les mendiants en profitent pour venir installer leurs ustensiles de ménage sur ces fourneaux économiques fournis par la nature.

Le gaz des couches supérieures, assez fortement carburé, se rencontre à la profondeur des bitumes, et vient de couches schisteuses. Celui des couches profondes, peu carburé, souvent sulfuré, surgit toujours après la rencontre des terrains houillers, généralement au-dessous de la couche. Cependant quoiqu'il se rapproche beaucoup du grisou par sa composition, il est impossible d'admettre qu'un réservoir de grisou, si comprimé qu'on le suppose, puisse suffire à un pareil débit pendant plusieurs dizaines d'années sans s'épuiser. On se trouve donc en présence de sources de gaz naturel dans des terrains de stratification très discordante où le travail intérieur paraît continuer encore dans des conditions inconnues.

Éclairage au gaz. — Certains ateliers trop obscurs sont tout le jour éclairés au gaz, mais l'installation de ces becs de gaz est fort primitive. Du réservoir distributeur part un tuyau de bambous qui se dirige non sur les marmites, mais au-dessus, à mi-hauteur du hangar. Ici ou là, il est ficelé sur les colonnes avec des lanières de bambou. Sur son parcours, on le perce de quelques trous où l'on raccorde à angle droit de petits tubes horizontalement placés et enduits de terre réfractaire. Le gaz s'allume au bout de ces tubes et donne une flamme bleuâtre de 3 à 4 pieds de long; quand on ne veut plus de lumière, on souffle dessus comme sur une lampe dont la lumière du reste serait à peu près aussi faible, car avec ce gaz, pour avoir une flamme éclairante, il faudrait et changer la forme du bec pour activer la combustion, et introduire dans le courant de gaz des particules solides.

Je dois ici relever comme inexacte, au moins pour le Se-tchoan, l'assertion d'un auteur qui affirme que les Chinois éclairent avec le gaz naturel les rues et les places des pays salifères. Je ne l'ai vu nulle part et c'est trop contraire à l'égoïsme invétéré des Chinois pour qu'ils y aient songé. Le gaz d'un *puits de feu* ne sert qu'à éclairer l'intérieur des sauneries, et encore bien insuffisamment. Si ce gaz brûle parfois dans les rues, c'est pour l'usage de quelque ouvrier ou commis d'un puits de feu qui économise une chandelle pour une course nocturne. Dans ce cas il remplit de gaz une vessie munie d'un petit tube; une simple ficelle ferme ce récipient, quand on veut y conserver le gaz pendant quelque temps; mais si l'on attend trop, il traverse peu à peu les parois et disparaît complètement. Pour s'en servir, on relâche un peu le nœud de la ficelle et l'on allume le gaz au bout du tube par lequel on porte le luminaire; ainsi au pays des Puits de feu, on peut donc dire que les vessies sont des lanternes.

Production des Grandes Salines. — Je terminerai ce chapitre par quelques chiffres de statistique. Du groupe de Tse-liou-tsin où le gaz suffit pour tout le chauffage, il sort journellement 12 *tsay* ou cargaisons de grandes barques. Outre les puits chauffant de 30 à 40 marmites, une dizaine ont un jet assez puissant pour chauffer de 500 à 700 marmites. Le « puits en meule » *Mo-tse-tsin* actuellement bouché chauffait à lui seul de 1.500 à 2.000 marmites. Au groupe de Kong-tsin, le gaz est moins abondant, et une partie de l'évaporation se fait au charbon; la production journalière est de moitié inférieure.

Une cargaison (*tsay*) représente une moyenne de 97.500 livres. Le groupe des Grandes Salines produit donc par jour 1.755.000 livres de sel, et par an plus de 600 millions de livres (environ 350 mille tonnes métriques). C'est plus de la moitié de la production totale de la France, et plus des 2/5 de la production de toutes les salines de la province du Se-tchoan.

CHAPITRE X. — Impôts et commerce.

Valeur du sel. — En jetant un coup d'œil sur cet ensemble de l'industrie salinière des Chinois, on comprendra facilement que ces nombreuses imperfections sont un obstacle au bon marché du sel. A ces causes, il faut joindre le taux élevé de l'intérêt de l'argent dans la province. Une partie des capitaux engagés dans les sauneries vient d'emprunts ou d'actions, et doit d'abord rapporter un intérêt qui rarement est inférieur à 20 p. 100.

En France, en pays de salines, le sel se vend de 9 à 13 francs les 1.000 kilogrammes, soit en moyenne un peu plus d'un centime le kilogramme, environ 28 onces chinoises. Aux salines du Se-tchoan, le prix de la forte

livre (22 onces) varie de 20 à 40 sapèques (10 à 20 centimes). Il est vrai qu'en France le sel au sortir des salines est immédiatement frappé d'un lourd impôt qui en décuple le prix, tandis qu'en Chine les divers impôts qui pèsent sur cette marchandise arrivent au plus à augmenter le prix d'un tiers ou de moitié, encore n'est-ce que pour certaines localités éloignées des pays salins.

Néanmoins, la valeur relative du sel au Se-tchuen est beaucoup plus élevée qu'en France, ainsi qu'il est facile de le constater par la comparaison de son prix avec celui des autres denrées. En beaucoup de pays salins, la livre de sel est au moins aussi chère que la livre de farine; du prix de sa journée un ouvrier n'en peut acheter que 3 ou 4 livres. Loin des salines le sel devient bientôt presqu'aussi cher que la viande, trois ou quatre fois plus cher que la farine; un ouvrier, du prix de sa journée, ne peut pas même acheter 2 livres.

Impôts directs. — Le premier impôt qui pèse sur le sel est une sorte de taxe foncière sur les puits salants et de patente sur les marmites d'évaporation. En certaines régions, les puits sont frappés, suivant l'estimation de leur rendement, d'un impôt qui, avec son principal et ses centimes additionnels, varie entre 42 taëls pour les beaux puits et 0t,32 pour ceux de faible rapport. Là où les puits ne supportent pas cet impôt, les marmites sont taxées d'une manière proportionnelle aussi à leur grandeur et au mode de chauffage; les plus imposées paient 7t,34, les plus petites 2t,24. Enfin, pour le seul puits de Yen-yuen, perdu dans les montagnes, l'impôt est en nature et fixé à 100 livres de sel par mois et par saunerie.

D'après le *Yen-fa-tche*, cet impôt, qui correspond à notre taxe de patente, donne au fisc pour toute la province une somme de 18.723 taëls, à peu près 150.000 fr

Le second impôt est la *gabelle*. Rien, en effet, ne ressemble davantage à l'ancienne gabelle : autrefois, en France, dans les provinces de *grande* et de *petite gabelle*, chaque famille était taxée par année à un certain nombre de livres de sel : la consommation et le prix en étaient obligatoires. Actuellement au Se-tchoan la gabelle chinoise ne taxe pas chaque famille, mais chaque sous-préfecture. La consommation obligatoire de chacune est fixée dans le cadastre officiel par un certain nombre de *congés* (*yn*). Ceux-ci sont de deux sortes : les *congés fluviaux* (*chouy-yn*) qui représentent chacun un *tchang* ou 50 ballots de sel ; les *congés de terre* (*lou-yn*) qui ne comprennent que 4 de ces mêmes ballots. Aux Grandes Salines les *congés fluviaux* sont seuls usités ; pour le sel en grains, les ballots pèsent 220 livres, un *congé* pour un *tchang* représente donc 11.000 livres ; pour le sel en croûte, à 160 livres au ballot, un congé représente seulement 8.000 livres.

Ces congés, d'une part, par leur nombre déterminé pour chaque sous-préfecture, fixent la consommation obligatoire de chaque district ; d'autre part, comme ils portent en quel pays de salines la susdite sous-préfecture doit aller prendre le sel de chacun de ces congés, ils règlent ainsi le monopole d'exportation de chaque pays salin.

Ces congés sont payés au fisc de différentes manières : de Pékin, ils sont envoyés au préteur de la province par le mandarin supérieur de la gabelle, appelé *Yen-tcha-tao* (intendant du sel et du thé), car il est en même temps chef des douanes du thé. C'est lui qui fait parvenir les congés en nombre dû aux mandarins de gabelle de chaque région salifère.

Pour les pays éloignés des salines, ces congés sont vendus en bloc à un entrepreneur saunier, *Chang-jen*, qui en solde l'impôt et par le fait même acquiert le monopole de pouvoir seul, muni de ces congés, acheter le sel

pour le revendre dans sa sous-préfecture. Il y [illegible]
cet effet des entrepôts, *yen-tien*, où les petits [illegible]
et les colporteurs doivent venir s'approvisionner.

Le gouvernement touche l'impôt sans s'occuper [illegible]
saunier monopoleur peut vendre ou non tout le [illegible]
représentent les congés du cadastre officiel. Autre[illegible]
fisc consentait à une remise ou plutôt à un [illegible]
l'année suivante pour les congés du sel non vend[illegible]
ces entrepreneurs en profitaient pour frauder la [illegible]
assez fortement et c'est ce qui fournit prétexte [illegible]
dix et quelques années au fameux préteur ou [illegible]
Tin-pao-tchen pour accaparer à son compte le [illegible]
de tout le sel en pierre qui va le plus loin, c'est [illegible]
qu'il remplaça les sauniers particuliers par des [illegible]
rins et commis à ses ordres qui tinrent les entrep[illegible]
un mot, il se faisait commerçant.

Mais, et les propriétaires des salines, et le [illegible]
acheteur du sel, se souciaient peu d'avoir à traiter [illegible]
commerçant potentat, pouvant toujours dire en [illegible]
contestation : *Ego nominor leo*. De plus, la morgue [illegible]
lente et les exactions des satellites de ce [illegible]
mandarinal augmentèrent le mécontentement : [illegible]
mutinerie, rébellion en plusieurs endroits; les [illegible]
refusèrent leur sel, les mariniers leurs barques, les [illegible]
rains leur concours en cas de péril des barques de [illegible]
mandarinal, et bientôt le préteur fut en perte [illegible]
somme promise à Pékin. En même temps une for[illegible]
juration se formait, et lançait jusqu'à Pékin une [illegible]
tion contre son vice-roi, marchand de sel.

Les choses allèrent d'abord fort mal pour celui-[illegible]
légats impériaux, envoyés pour cette affaire, lui [illegible]
nuèrent sa dignité et peu s'en fallut qu'il ne per[illegible]
place. Mais enfin il sut faire valoir à Pékin que [illegible]
commerce n'avait jamais été son but, mais augm[illegible]
les revenus de la gabelle et de l'empereur en empê[illegible]

les fraudes. Pour preuve, il envoyait une ou deux dizaines de *ouan* d'argent. Cet argument était trop éloquent pour qu'il ne restât pas vainqueur. On se souvient encore de l'implacable vengeance qu'il tira de ses ennemis. Néanmoins il se rendit aux Grandes Salines où l'accueil fut très froid et il se désista d'une partie de son monopole, qu'il localisa en gardant seulement le monopole pour un certain nombre de sous-préfectures, les meilleurs débouchés naturellement.

Son œuvre est donc restée : d'une part, les remises ou transferts de congés ne sont plus admis, même alors qu'ils seraient de justice; d'autre part, les entrepôts-monopoleurs devenus mandarinaux le sont encore, mais le susdit vice-roi s'est attiré pour ce fait la haine du peuple des pays salifères où tous, grands et petits, ouvriers et propriétaires, l'ont appelé *sangsue du peuple* pendant sa vie, et maudissent encore sa mémoire.

L'impopularité inhérente à ce monopole est encore augmentée par les mille vexations que les mandarins et employés font à son sujet subir à toutes les classes de la population. Les entrepreneurs sauniers sont fraudés, car les commis-payeurs gardent indûment, pour le prêter à grosse usure, l'argent que ces industriels attendent comme capital de roulement; de plus, avant de livrer l'argent, les mandarins lui font subir une refonte avec alliage de plomb pour voler 2 ou 3 taëls pour cent. S'ils paient en *ligatures*, elles sont toujours incomplètes et dépréciées par l'addition de nombreuses fausses sapèques. Les commerçants sauniers sont molestés, car leurs barques ne peuvent acheter le sel tant que les barques mandarinales ne sont pas fournies; de plus, au passage des rapides, des bas-fonds ou des douanes, les barques du monopole ont le pas sur toutes les autres, même sur celles arrivées bien avant elles. Les bateliers pâtissent aussi; ils sont contraints de transporter le sel mandari-

nal pour un prix fixé d'office et bien inférieur au minimum du prix ordinaire. De plus, mille chicanes leur préparent des retenues sur ce prix; une des plus usitées consiste à les rendre responsables de la diminution du poids des ballots, alors que la seule cause est l'écoulement des sels déliquescents. Bon nombre de bateliers ruinés par ces exactions ont dû pour payer leurs dettes vendre leur barque, leur unique gagne-pain. Aussi la plupart des mariniers, après avoir passé une ou deux fois par les griffes de ces vampires, dirigent leurs bateaux sur d'autres rivières pour échapper à la ruine, et les mandarins du monopole, pour pouvoir transporter leur sel, ont dû faire construire une centaine de barques.

Cette énumération des vexations du monopole n'est pas exagérée, mais bien plutôt incomplète, car je me suis borné à quelques exemples. Ajoutons que si quelqu'un de ces molestés essayait de porter plainte, il aurait quatre-vingt-dix-neuf chances sur cent de n'y gagner que la bastonnade et la prison.

De ce que nous avons dit sur la gabelle et le monopole, il résulte qu'au Se-tchoan, il y a pour les pays éloignés des régions salines des entrepôts mandarinaux ou des entrepôts privés qui possèdent, chacun en sa sous-préfecture, le monopole du sel, et acquittent ainsi l'impôt de la gabelle. Mais pour les pays de salines et ceux qui les avoisinent, le système est impossible : il faudrait une armée de satellites douaniers pour empêcher la fraude.

Les Chinois ont trouvé un autre mode très simple de perception. Toutes les sous-préfectures placées dans ces conditions sont pays francs, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'entrepôt de monopole. Une taxe correspondante aux congés de gabelle devenus sans usage est répartie en centimes additionnels sur l'impôt foncier par le mandarin sous-préfet qui est responsable envers le chef de

prême de la gabelle. Dans ces pays le commerce du sel est fait par les petits colporteurs qui ne sont soumis à d'autre formalité qu'à celle de payer les droits de circulation. Quant à la surveillance nécessaire pour que l'exportation de chaque pays salin reste dans les limites fixées, elle est en grande partie exercée par les colporteurs eux-mêmes, qui ont un intérêt majeur à ce qu'aucune saline étrangère n'usurpe leur commerce.

L'impôt de gabelle devrait être simplement de 3ᵗ,405 par congé fluvial, et d'une somme correspondante pour les congés de terre. Mais il est surchargé de centimes additionnels, puis des frais de timbre, de papier et de poste de la gabelle, surcharges qui, réunies, sont supérieures au principal : par exemple, aux Grandes Salines, un congé de sel en grains revient à 17 taëls et celui du sel en pierre à 18ᵗ,33.

Si nous voulons nous faire une idée de l'immense système de concussion qui ronge les finances de l'empire chinois, comparons les chiffres officiels de cet impôt de gabelle avec la réalité des sommes perçues. D'après le *Yen-fa-tche*, cet impôt comprend pour la province 138.315 *congés de terre* et 30.442 *congés fluviaux*. Cela représente environ 570 millions de livres de sel, et donne au fisc impérial 296.340 taëls. Or, nous avons vu que le groupe des Grandes Salines fournit à lui seul environ 600 millions de livres de sel. En calculant sur ces données, on voit qu'aux Grandes Salines seulement les 18 *tsay* ou cargaisons donnent à l'impôt environ 3.328 taëls par jour, et plus de 1.200 mille taëls par an. La production des Grandes Salines étant les 2/5 de celle de toute la province, c'est plus de 3 millions de taëls que les mandarins perçoivent, pour n'en pas verser 300.000 au fisc impérial ; et le même écumage sur grande échelle se pratique sur tous les autres impôts.

En réunissant la taxe de patente à la gabelle, on peut

constater que ces deux impôts augmentent très peu le prix de la livre de sel, 3 à 4 sapèques au plus.

Impôts indirects. — Il n'en est pas de même de la con*tribution indirecte* (*Ly-kin*), qui se compose de trois impôts : droits de départ, droits de circulation, droits de visite.

Les premiers se paient avant de sortir des pays salifères. La perception en est faite de deux façons : aux Grandes Salines, par exemple, le sel qui n'est pas vendu aux lointains entrepôts, doit aller dans des entrepôts locaux qui paient les droits de départ et reçoivent les *passes* qu'ils délivrent aux colporteurs ; ailleurs, à Pong-ky par exemple, les sauniers eux-mêmes sont tenus de recevoir les passes qu'ils soldent ; les colporteurs les achètent donc directement, et les propriétaires de sauneries sont responsables de tout le sel qui partirait en fraude de leur exploitation.

Aux pays, comme Chée-kong, Pong-ky, Lan-pou, où le prix de revient du sel est plus élevé, les droits de départ sont assez faibles, 60 sapèques par charge de 120 livres environ ; ils atteignent leur maximum, 600 sapèques par ballot, aux Grandes Salines où le sel s'obtient à moins de frais. Ces droits de départ ne sont pas soldés par le sel qui part au moyen des congés, parce qu'il paie les droits suivants.

Les *droits de circulation* sont payés aux douanes intérieures et ne sont dus que par le sel des congés transporté sur les bateaux, et une seule fois à l'une des douanes que l'on rencontre. Ils ne sont pas les mêmes partout, mais en général ils dépassent le total de *tous les autres* réunis et leur maximum atteint 1.200 sapèques par ballot, plus de 7 sapèques par livre, c'est une *valeur double* des droits soldés en vertu des *congés*.

Jadis les employés de chaque douane s'arrogeaient

droit de prélever du sel à leur profit et à leur fantaisie sur chaque chargement, sous prétexte d'entretenir leur provision. A force de réclamations, les bateliers et les commerçants ont fini par obtenir du préteur Tin d'être exonérés de ces exactions : celui-ci interdit absolument ce puisage de *provision*, mais il établit une minime redevance fixe à chaque douane comme *droits de visite*.

Tel est l'ensemble des impôts qui pèsent sur le sel au Se-tchoan. J'ai voulu en donner le tableau dans ses grandes lignes à titre de renseignement statistique.

Frais et modes de transport. — D'après ce qui précède, on voit que, pour certains pays, tous les impôts réunis n'augmentent le prix du sel que de 2 à 3 sapèques par livre, pour d'autres l'enchérissement peut atteindre 10 à 12 sapèques par livre. Mais il y a une compensation à cette inégalité, c'est la différence entre les prix de transport. Le sel le plus imposé est celui des routes fluviales, les plus économiques ; le moins imposé voit bientôt son prix suffisamment augmenté par les frais beaucoup plus considérables des routes de terre.

Au Se-tchoan et dans les provinces voisines, les routes ne sont que de rudes sentiers mal dallés, larges de quelques pieds, agrémentés de nombreux escaliers souvent fort raides, franchissant les ruisseaux et les petites rivières tantôt sur une planche assez étroite, tantôt sur un pont de bois ou de pierre, lorsque la population de la région est assez riche pour suffire à cette dépense. Quant aux grands affluents du Yang-tse-kiang, les routes s'arrêtent piteusement sur leurs bords, laissant aux barques le soin de passer les voyageurs. Aussi voitures et chariots sont inconnus dans la province ; les brouettes même ne peuvent être utilisées que dans la plaine de Tchen-tou où elles creusent les routes de profondes ornières.

Pour le reste de la province, les colporteurs avec

leurs palanches ou leurs hottes, les bêtes de somme avec leurs bâts, constituent les seuls moyens de locomotion pour le commerce, quand une rivière navigable ne vient pas prêter son concours.

Ces porteurs à la palanche, avec leur lourde charge d'environ 120 livres ne peuvent aller bien rapidement, aussi la moyenne de leur journée de marche n'est que de 40 *ly*. Il faut compter généralement que le prix de la livre de sel augmente d'autant de fois 2 sapèques que la distance du transport contient de fois 40 *ly*. Aussi le commerce des colporteurs s'arrête le plus souvent à environ 300 *ly*, sept journées, des pays de sauneries. Au delà, sans compter les prohibitions du monopole, ils ne pourraient plus lutter avec les commerçants dont le sel vient par les barques, même de salines plus lointaines.

Le transport par mulets, chevaux ou bœufs n'a guère lieu pour le sel qu'entre les salines et les pays houillers, car alors les bêtes de somme portent à l'aller et au retour. En dehors de ces conditions, il est plus dispendieux qu'avec les colporteurs. Les bêtes de somme servent surtout aux régions salifères mêmes à porter le sel aux ports d'embarquement pour en rapporter le charbon.

Tout le sel des sauniers monopoleurs destiné aux régions éloignées quitte les régions de salines sur des barques. La descente des fleuves, qui se fait à la rame, est souvent dangereuse, car ces cours d'eau sont plutôt des torrents où les rapides abondent; mais pour les remonter la rame serait trop lente et souvent impuissante. Les rameurs se transforment alors en haleurs, tantôt suivant la rive sur le sable ou les cailloux, tantôt escaladant les rochers ou les talus, tirant la barque au moyen d'une longue corde de bambou qui n'a souvent que 3 ou 4 *fen* de diamètre. Le nombre de ces haleurs, suivant la grandeur des bateaux, varie de trois ou quatre jusqu'à une trentaine; mais, aux rapides, ils doivent être renfor-

cés d'une escouade de haleurs d'occasion qui se tiennent en ces parages, attendant l'arrivée d'une barque et le profit de quelques sapèques. Ces passages ne sont pas sans danger, et si la corde de halage vient à se rompre, le bateau risque fort d'être perdu corps et biens. Cependant les pilotes chinois ont souvent assez d'habileté et de vigueur pour se tirer du danger en faisant prendre à la barque le milieu du courant où l'on n'a plus à redouter la rencontre des rochers.

Le transport à la hotte n'est employé que pour les pays de montagnes abruptes où les autres moyens sont impraticables. Cette hotte a ses deux montants antérieurs recourbés en avant pour couvrir les porteurs. Ceux-ci doivent se reposer souvent, et, à cet effet, les montagnards de la Chine ont inventé un siège mobile, qui dans la marche sert de bâton d'appui, et dans le repos décharge en partie les épaules du portefaix. C'est un fort bâton armé d'une pointe à sa partie inférieure et portant à sa partie supérieure une pièce de bois en forme de croissant ou de fer-à-cheval. Pour le repos l'homme pose la pointe à terre, la hotte sur le milieu du croissant et ses deux mains sur les cornes de celui-ci. En avançant et écartant les jambes, il peut former un trépied assez stable pour se donner le loisir de souffler un peu.

Il ne va généralement dans les montagnes que du sel en pierre. La charge est de 150 à 200 livres chinoises, aussi la marche des porteurs est-elle très lente : ils ne font guère sur ces sentiers escarpés que 30 *ly* par jour. L'augmentation du prix de la livre du sel étant encore à peu près de 2 sapèques par journée de transport, on conçoit à quel taux élevé le sel doit arriver dans les coins perdus de toute la zone thibétaine. Je l'ai vu à 120 sapèques la livre, laquelle n'était plus que de 12 onces.

Par suite de cette cherté, chez toutes les populations que les Chinois appellent *barbares* (*man-tse*), le sel est un

objet d'échange facile et peut même servir de monnaie pour une foule de transactions. Ces barbares, pour épargner le sel dans l'usage domestique, ont une singulière manière de s'en servir : ils attachent un morceau de sel en pierre au bout d'une cordelette et le suspendent au-dessus du foyer placé au centre de l'appartement, à peu près au-dessous du trou de la terrasse, qui est l'unique fenêtre de la demeure. Pour les ragoûts, ils raclent avec un couteau quelques atomes de sel qu'ils laissent tomber dans la sauce ; mais le plus souvent ils trempent un instant la pierre de sel dans la marmite, puis la suspendent de nouveau. Les quelques gouttes qui en peuvent encore tomber vont dans la marmite, puis la chaleur a bientôt séché ce morceau de sel.

A part ces régions extrêmes, les Chinois usent plus largement du sel. Leur grande consommation est pour la confection des légumes salés. Leur saumure, dans laquelle passent tour à tour les légumes des quatre saisons, prend un goût pimenté et indéfinissable qu'elle communique aux légumes confits, qui composent, pour la majorité des Se-tchoannais, le principal et souvent unique condiment.

NOUVEAUX ORDRES GÉNÉRAUX
DE LA COMPAGNIE DE L'OUEST

CONCERNANT :

1° LA LIMITATION DE LA VITESSE DES TRAINS;
2° LA DISTANCE A RÉSERVER ENTRE LES SIGNAUX AVANCÉS ET LEURS POTEAUX DE LIMITE DE PROTECTION;
3° LE NOMBRE DE FREINS A PLACER DANS LES TRAINS.

Note de M. MASSIEU, Inspecteur général des mines.

La compagnie de l'Ouest a soumis dans le courant de l'année 1887 à l'approbation de l'administration supérieure les nouveaux ordres de service généraux mentionnés dans le titre de cette note.

J'étais alors attaché comme ingénieur en chef au contrôle du réseau de l'Ouest et bien que j'aie été appelé vers la fin de 1887 à un autre service, j'ai retenu, sur le désir de la compagnie et avec l'agrément de M. l'inspecteur général de Villiers du Terrage, l'examen de ces nouveaux ordres généraux, lesquels, après avoir subi des modifications de quelqu'importance, ont été approuvés par une décision ministérielle du 15 avril 1889, conformément à un avis du comité technique des chemins de fer émis sur le vu d'un rapport sommaire que j'avais établi et auquel M. de Villiers avait donné son adhésion.

Le comité technique avait alors demandé que les résultats de mes études, dont je lui avais présenté le

résumé, fussent consignés dans une note autograph[illegible] où reçussent une publicité quelconque.

Je tiens à déclarer que si la note qu'on va lire, [illegible] à l'occasion des nouvelles mesures que la compagnie [illegible] l'Ouest a adoptées, renferme un examen génér[illegible] diverses questions importantes dans l'exploitation [illegible] chemins de fer, ces questions ont été déjà l'objet d[illegible] approfondies, notamment de la part de M. l'inspe[illegible] général Thoyot (*Annales des Ponts et Chaussées* [illegible]) et de M. Pol Lefèvre, ingénieur, sous-chef du mo[illegible] à la compagnie de l'Ouest (*Revue générale des Ch[illegible] de fer*, décembre 1888). On verra que j'ai la[illegible] profité des études que je viens d'indiquer.

Il y a dans l'exploitation des chemins de fer [illegible] questions qui sont intimement liées, savoir :

1° La vitesse maxima avec laquelle les trains [illegible] circuler, suivant leur composition, mais surtout [illegible] les conditions du tracé de la voie, tant en plan [illegible] profil ;

2° La distance minima à réserver entre les [illegible] avancés des gares et le premier point qu'ils pr[illegible] lequel est en réalité le poteau de limite de protect[illegible] ces signaux ;

3° Le nombre des freins gardés à placer dans les [illegible] Malgré l'introduction du frein continu dans tous les [illegible] de voyageurs autres que les trains mixtes ; cette q[illegible] fort délicate à résoudre, a conservé toute son import[illegible] pour ces derniers trains, ainsi que pour les trains [illegible] marchandises et même pour les trains de voyageurs [illegible] prement dits où le frein continu peut accidentell[illegible] cesser de fonctionner.

Je viens de dire que cette question du freinage [illegible] trains est fort délicate à résoudre ; c'est qu'en effet [illegible] est assez simple de déterminer ce que j'appellerai le [illegible]

ficient de freinage d'un train, dont la vitesse maxima est connue en chaque point de son parcours, c'est-à-dire la fraction du poids total de ce train, moteur compris, qui doit être enrayable pour obtenir l'arrêt dans un parcours déterminé, il est beaucoup plus compliqué de déterminer le nombre de freins gardés, manœuvrables à la main, qu'il faut placer dans le train pour obtenir ce résultat, quand on se propose, en vue de ne pas exagérer sans utilité le nombre des gardes-freins, de tenir compte du freinage de la machine et du tender, freinage qui, s'il est surabondant, peut être regardé comme reporté en partie sur le reste du train. En outre, il y a lieu d'envisager dans la détermination du nombre de freins gardés à placer dans les trains, le cas de rupture d'attelage et, par suite, l'éventualité de la dérive sur les rampes.

Les trois nouveaux ordres généraux de la compagnie de l'Ouest sont relatifs aux trois questions essentiellement connexes que nous venons d'indiquer, et qui étaient aussi réglementées antérieurement par trois ordres généraux distincts.

I. LIMITATION DE LA VITESSE SUR LA VOIE.

Les trains ont une vitesse normale ou de tracé qu'ils ne peuvent, sur le réseau de l'Ouest, dépasser de plus de moitié en aucun cas, particulièrement en cas de retard; mais en outre la vitesse autorisée est soumise, sur le même réseau, à une limitation absolue, que nous allons indiquer, suivant le tracé de la voie tant en plan qu'en profil.

En aucun cas, la vitesse ne peut dépasser 80 kilomètres à l'heure; c'est là une limite assez étroite qui pourrait être augmentée sur les lignes du réseau où la voie est robuste, mais que la compagnie n'a pas cru avoir intérêt à dépasser.

En outre la vitesse maxima autorisée est res[illegible] des limites moins élevées encore sur les parties [illegible] voie présente des courbes ou des déclivités acce[illegible]

La limitation de la vitesse dans les courbes, [illegible] rayon descend au-dessous d'une certaine grandeur, [illegible] une mesure qui intéresse la sécurité. La limitation [illegible] vitesse sur les pentes à déclivités prononcées se j[illegible] par les mêmes raisons et aussi par l'opportunité [illegible] l'obligation d'avoir à placer dans les trains un [illegible] freins gardés trop considérable, ce qui pourrait [illegible] à des dépenses excessives.

D'après le nouvel ordre général, comme d'après [illegible] qu'il remplce, la vitesse est limitée d'une façon [illegible] dans les courbes de la manière suivante :

A 60 kilom. à l'heure dans les courbes et contre-[illegible] succédant sans alignements droits au moins [illegible] 100 mètres;

A 40 kilom. dans les courbes d'un rayon inférieur à [illegible] mais supérieur à 300 mètres ;

A 30 kilom. dans les courbes dont le rayon est égal ou [illegible] à 300 mètres.

A la descente des pentes le nouvel ordre généra[illegible] rise généralement des vitesses maxima supérieures [illegible] que l'ancien autorisait.

La vitesse maxima à la descente des pentes est [illegible] mais déterminée comme suit :

60 au lieu de 40 kilom. sur les pentes de 10 à 12 mill[illegible] mètre;

50 au lieu de 40 kilom. sur les pentes de 12 à 15 millim. [illegible] mètre;

40 au lieu de 30 kilom. sur les pentes de 15 à 20 millim. [illegible] mètre;

30 kilom. (comme autrefois) sur les pentes supérieures à [illegible] lim. par mètre.

Ajoutons que la limitation à 60 kilomètres n'est [illegible] gatoire qu'à la descente des pentes consécutives [illegible]

10 à 12 millimètres dont la longueur totale est égale ou supérieure à 1 kilomètre, que cette vitesse de 60 kilomètres est autorisée à la descente des pentes de 12 à 15 millimètres dont la longueur est comprise entre 600 mètres et 1 kilomètre. Toutefois ces exceptions, motivées par la faible longueur des pentes, ne sont pas applicables aux abords des gares entre les limites de protection des signaux avancés.

Ces limites de vitesse n'ont assurément rien d'excessif et ne sont pas, dans leur ensemble, supérieures à celles admises sur les autres réseaux.

Je rappellerai que la limitation de la vitesse sur la voie, aussi bien en raison des courbes que des pentes, prend sur le réseau de l'Ouest un caractère tout particulier de précision, par ce fait que la vitesse limite est indiquée aux mécaniciens par des signaux spéciaux (*).

II. DISTANCE A RÉSERVER ENTRE LES SIGNAUX AVANCÉS ET LEURS POTEAUX DE LIMITE DE PROTECTION.

D'après l'ancien ordre général, les signaux avancés des gares devaient être placés de façon qu'entre le poteau de limite de protection et le point, dit de visibilité, où le mécanicien commence à apercevoir le signal, il y eût toujours un intervalle d'au moins :

650 mètres sur les rampes supérieures à 10 millim.;
950 — sur les paliers et les rampes inférieures à 10 millim.;
1.150 — sur les pentes de toutes déclivités.

De plus, dans le premier cas, le signal ne pouvait se trouver à moins de 400 mètres du poteau, et dans les deux derniers cas à moins de 600 mètres.

(*) Ces signaux sont en réalité des indicateurs de limitation de vitesse et non des signaux dans l'acception ordinaire du mot.

Toutefois, il était prévu que ces distances pourraient être réduites en cas d'insuffisance des distances disponibles.

On voit que, pour que ces règles fussent efficaces, il fallait compter sur une distance de visibilité pouvant aller jusqu'à 550 mètres, que l'on est loin d'avoir toujours dans les régions souvent brumeuses de l'Ouest de la France, et lesdites règles étaient d'autre part d'autant moins logiques que d'après les règlements généraux de la compagnie de l'Ouest, on ne répète les signaux avancés qu'autant qu'ils ne sont pas visibles à 200 mètres.

En outre, les coupures faites dans les déclivités étaient loin d'être rationnelles, puisqu'en particulier la même règle était appliquée pour toutes les pentes, quelle qu'en fût l'importance.

La compagnie de l'Ouest l'avait reconnu avant de présenter ses nouveaux ordres généraux et depuis quelque temps elle avait prescrit d'augmenter sur les pentes la distance des signaux à leurs poteaux de limite de protection; elle avait fixé le minimum de cette distance :

à 700 mètres sur les pentes de 5 à 10 millim.;
à 800 — sur les pentes supérieures à 10 millim.

mais ce n'était là qu'une modification qui ne reposait sur aucune base précise, tandis que le nouvel ordre de service général fixe des distances logiquement en rapport avec le tracé de la voie, tant en plan qu'en profil, et aussi avec la puissance des moyens d'arrêt dont les trains sont pourvus.

Ces moyens d'arrêt doivent être suffisants, et c'est là la base de toute la réglementation nouvelle adoptée sur le réseau de l'Ouest, pour permettre à un train de s'arrêter en pleine voie dans les conditions où lui est fait un signal d'arrêt en vue de couvrir un obstacle.

Or, d'après les règlements de la compagnie de l'Ouest,

le signal d'arrêt doit être fait en pleine voie à la distance constante de 800 mètres du point à protéger, distance qui doit être portée à 1.200 mètres quand les signaux ne sont pas visibles à 200 mètres, de même qu'en temps de verglas.

Il résulte de là que, sur le réseau de l'Ouest, on ne compte que sur une visibilité effective de 200 mètres, puisqu'on ne fait le signal d'arrêt qu'à 800 mètres de l'obstacle, tant que cette visibilité est assurée et que l'on oblige les trains, comme on le verra, à diminuer leur vitesse aux abords des gares quand cette condition n'est pas remplie.

La distance de 200 mètres est parcourue dans un temps compris entre neuf et douze secondes par les trains rapides circulant aux vitesses de 80 à 60 kilomètres à l'heure et ce temps peut être regardé comme suffisant pour le serrage complet des freins, de sorte que l'on peut admettre que les freins seront entièrement serrés au moment où le train passera devant le signal qui lui est adressé.

Il faut toutefois envisager le cas où l'arrêt serait commandé par l'explosion d'un pétard posé sur la voie courante à la distance de 800 mètres de l'obstacle; mais il faut remarquer que l'explosion d'un pétard est entendue en même temps de tous les gardes-freins qui doivent manœuvrer leurs freins avec d'autant plus de diligence et sans attendre l'appel que le mécanicien doit leur adresser au moyen du sifflet de sa machine, qu'une pareille explosion a le caractère d'un signal d'alarme.

De là il faut conclure que les trains devront être freinés et plus généralement pourvus de moyens d'arrêt suffisants pour qu'ils puissent être arrêtés sur toutes les déclivités qu'ils parcourent, à la plus grande vitesse qu'il leur est permis d'y prendre, après un parcours de 800 mètres compté à partir du point où les moyens d'arrêt agissent

entièrement, à partir du point, par conséquent, [illegible] admet que les freins sont complètement serrés.

Si les trains sont freinés de manière à satisfaire [illegible] condition, on aura un surcroît très important de [illegible] tenant à l'action retardatrice que produisent les [illegible] pendant que leur serrage même s'effectue, d'autant [illegible] que l'on sait que ce n'est pas quand ce serrage [illegible] jusqu'à l'enrayage que les freins ont leur maximum [illegible] ficacité.

De ce qui précède, il résulte qu'un signal avancé [illegible] être en principe placé à 800 mètres de son poteau [illegible] de protection qui est en fait le premier point que [illegible] le signal.

Pour régler le freinage des trains on a partagé [illegible] clivités en séries définies de la manière suivante :

Pentes	de	0 à 5	millim.	par mètre;
—	de	6 à 10	—	—
—	de	11 à 12	—	—
—	de	13 à 15	—	—
—	de	16 à 20	—	—
—	de	21 à 25	—	—
—	de	26 à 30	—	—

Il a été admis que, pour chacune des séries [illegible] de déclivités, les trains seraient freinés pour la [illegible] déclivité de la série. Par exemple, si la plus forte [illegible] de la section de ligne que le train doit parcourir [illegible] 13 millimètres, le train sera freiné de façon qu'il [illegible] être arrêté en 800 mètres sur une pente de 15 millim[illegible] à la vitesse maxima qu'il lui est permis d'atteindre. Il [illegible] résulte que, sur une pente de 13 millimètres, il [illegible] être arrêté en une distance L moindre que 800 [illegible] Cette distance L se calcule facilement, comme [illegible] montrerons tout à l'heure, après avoir fait [illegible] comment se détermine la vitesse maxima dont elle [illegible]

Nous désignerons par V la vitesse maxima qu'il est [illegible]

mis au train d'atteindre en chaque point de son parcours.

En général, W étant la vitesse normale ou de tracé du train, V sera égal à $\frac{3}{2}$ W, mais sans pouvoir toutefois dépasser les maxima absolus que nous avons précédemment indiqués et que nous désignerons par V_1, de sorte que V sera dans tous les cas égal à la plus petite des deux quantités $\frac{3}{2}$ W et V_1. C'est pour la vitesse maxima V ainsi définie que le train devra être freiné.

Dans le nouvel ordre général de la compagnie de l'Ouest concernant le nombre de freins à placer dans les trains, il a été fait une distinction entre les déclivités (pentes ou rampes) inférieures ou égales à 10 millimètres et les déclivités supérieures à 10 millimètres par mètre.

Pour les déclivités d'au plus 10 millimètres, la limite absolue V_1 de la vitesse est de 80 kilomètres. La vitesse V, qui servira à déterminer le freinage, sera donc la plus petite des deux quantités : 80 kilomètres et $\frac{3}{2}$ W.

Il a été admis en outre que, sur les déclivités dont il s'agit, les trains seraient freinés toujours pour une vitesse de tracé au moins égale à 35 kilomètres et par conséquent pour une vitesse maxima de $52^k,5$. V ne sera donc jamais inférieur à ce dernier chiffre.

Pour les déclivités supérieures à 10 millimètres par mètre, on a envisagé le cas où le mécanicien, sortant d'une section de ligne où il pouvait marcher à 80 kilomètres, vient à pénétrer dans une autre section où il doit observer un maximum absolu de vitesse V_1 de 60, 50, 40 ou 30 kilomètres; bien que ce maximum V_1 soit indiqué au mécanicien par les signaux de limitation de vitesse, on a admis qu'il pouvait arriver qu'il n'eût pas encore tout à fait réduit la vitesse de son train à la valeur V_1 au moment où il entre dans la section où la vi-

tesse est limitée à ce chiffre; on a supposé, par sur[illegible] de prudence, qu'il pouvait arriver qu'il y pénétrât [illegible] une vitesse égale à $V_1 + 10$, en sorte que l'on a [illegible] que la vitesse maxima V, pour laquelle le train de[illegible] être freiné, sur des déclivités supérieures à 10 [illegible] mètres, serait la plus petite des deux quantités $\frac{3}{2}$ [illegible] et $V_1 + 10$.

De plus, sur ces mêmes déclivités, on est con[illegible] freiner les trains pour une vitesse de tracé au moins [illegible] à 30 kilomètres, et par conséquent pour une [illegible] maxima V au moins égale à 45 kilomètres, tant [illegible] tendu que 45 kilomètres est inférieur à $V_1 + 10$, [illegible] à-dire tant que V_1 est supérieur à 35 kilomètres, [illegible] a lieu pour toutes les déclivités qui ne dépassent [illegible] 20 millimètres par mètre. Pour ces dernières, V_1 est [illegible] à 30 kilomètres, et les trains doivent être freinés [illegible] une vitesse maxima V égale à $V_1 + 10$, c'est-à-[illegible] 40 kilomètres.

En résumé, la vitesse maxima V pour laquelle [illegible] sera freiné, est déterminée comme suit :

1° Sur les déclivités ne dépassant pas 10 milli[illegible] par mètre, V sera égal à la plus petite des deux [illegible] 80 kilomètres et $\frac{3}{2}$ W, sans que W puisse être [illegible] petit que 35 kilomètres et $\frac{3}{2}$ W plus petit que [illegible]

2° Sur les déclivités supérieures à 10 millimètres [illegible] mètre, V sera égal à la plus petite des deux qua[illegible] $\frac{3}{2}$ W et $V_1 + 10$, sans que W puisse être plus pe[illegible] 30 kilomètres et $\frac{3}{2}$ W plus petit que 45 kilomètres.

Il est convenu d'ailleurs qu'un train doit être freiné [illegible] manière à pouvoir être arrêté en 800 mètres sur [illegible]

pente I (formant tête de série de déclivités) s'il marche à la vitesse maxima V.

Soit I′ la déclivité moyenne de la section de voie sur laquelle on arrête le train, I′ étant < I, et V′ la vitesse réelle de ce train au moment où l'on commence à serrer les freins; nous allons déterminer la distance L que le train parcourra avant de s'arrêter, à partir du moment où les freins seront complètement serrés en faisant abstraction de l'action retardatrice des freins pendant que leur serrage s'effectue; nous exprimerons les déclivités I et I′ en millimètres par mètre, en les comptant positivement pour les pentes et négativement pour les rampes. Soient de plus v et v' les vitesses en mètres par seconde, qui répondent aux vitesses V et V′ exprimées en kilomètres à l'heure; soient enfin P le poids du train et F la force retardatrice, supposée constante, déterminée par l'action des freins serrés et par les résistances diverses dues au fonctionnement des organes du train. Pour un parcours L_0, le travail résistant des forces agissant sur le train sera égal à

$$FL_0 - \frac{PIL_0}{1.000},$$

et si L_0 désigne la distance de 800 mètres nécessaire au train pour s'arrêter, ce travail devra être égal à la puissance vive $\frac{Pv^2}{2g}$ que le train possédait au moment où la force retardatrice F a été pleinement mise en action; on aura donc

$$FL_0 - \frac{PIL_0}{1.000} = \frac{Pv^2}{2g},$$

ou

$$FL_0 = P\left(\frac{v^2}{2g} + \frac{IL_0}{1.000}\right) \text{ (*)}.$$

(*) A remarquer que nous ne tenons pas compte de l'action retardatrice due à la résistance de l'air, laquelle a pourtant aux grandes vitesses une valeur sérieuse; cette omission assure à nos résultats un surcroît de sécurité de quelque importance.

Si le train marche à la vitesse $v' < v$ sur une décli-
$I' < I$, la distance L qu'il parcourra avant de s'arrê-
sera donnée par la relation

$$FL = P\left(\frac{v'^2}{2g} + \frac{I'L}{1.000}\right).$$

Multipliant ces deux dernières relations en croix, p-
éliminer F et P, il vient :

$$L_0\left(\frac{v'^2}{2g} + \frac{I'L}{1.000}\right) = L\left(\frac{v^2}{2g} + \frac{IL_0}{1.000}\right).$$

Si de cette relation nous tirons la valeur de L, il vien-
dra :

$$L\left(\frac{v^2}{2g} + \frac{IL_0}{1.000} - \frac{I'L_0}{1.000}\right) = L_0\,\frac{v'^2}{2g},$$

d'où :

$$L = L_0\,\frac{\frac{v'^2}{2g}}{\frac{v^2}{2g} + \frac{L_0(I - I')}{1.000}},$$

ou encore :

$$L = L_0\,\frac{v'^2}{v^2 + \frac{2gL_0(I - I')}{1.000}},$$

or on a :

$$v = \frac{1.000\,V}{3.600} = \frac{V}{3,6},$$

d'où

$$v^2 = \frac{V^2}{(3,6)^2} = \frac{V^2}{12,96},$$

de même on aura :

$$v'^2 = \frac{V'^2}{12,96},$$

substituant dans l'expression de L et multipliant ha-
bas par 12,96, il vient :

$$L = L_0\,\frac{V'^2}{V^2 + \frac{2 \times 12,96 \times gL_0(I - I')}{1.000}}.$$

Si nous remplaçons g par sa valeur 9,81 et L_0 par sa valeur 800 mètres, nous trouverons finalement :

$$L = 800^m \frac{V'^2}{V^2 + 203,4(I - I')}.$$

L'analyse qui précède, empruntée au mémoire de M. Lefèvre, n'est pas entièrement correcte, bien que le résultat soit exact. En effet, la quantité $\frac{Pv^2}{2g}$ ne représente pas la puissance vive totale du train, mais la partie de cette puissance vive qui est due au mouvement de translation du train et à laquelle il faudrait ajouter la puissance vive due au mouvement de rotation des parties tournantes, pour avoir la puissance vive totale.

Or, comme la vitesse de rotation des pièces tournantes est proportionnelle à la vitesse de translation, il faudrait, pour obtenir l'expression de la puissance vive totale du train, ajouter respectivement dans les formules précédentes, aux quantités $\frac{Pv^2}{2g}$ et $\frac{Pv'^2}{2g}$, des termes de la forme $\frac{Qv^2}{2g}$ et $\frac{Qv'^2}{2g}$, Q ayant dans les deux cas la même valeur, que nous indiquerons d'ailleurs plus loin. Pour le moment, il suffit de remarquer que la rectification à apporter à nos formules consisterait à y remplacer P par P + Q, et comme l'expression finale de la valeur de L a été obtenue en éliminant P, cette expression ne serait nullement modifiée.

Dans notre dernière formule, L représente la distance qu'un train doit parcourir depuis le moment où les freins sont complètement serrés jusqu'à celui où il s'arrête. Nous avons admis que le serrage complet n'a lieu aux abords d'une gare, où le train doit s'arrêter, qu'au moment où ce train passe devant le signal avancé, le ralentissement opéré pendant le serrage constituant, pour ainsi dire, une réserve de sécurité très réelle, mais dont

nous ne tenons pas compte dans nos calculs. Il résulte de là que la distance L, déterminée par notre dernière formule, sera la distance à laquelle un signal avancé devra être placé de son poteau de limite de protection, étant entendu toutefois que l'on adoptera pour cette distance la plus grande valeur que puisse prendre L, suivant les valeurs possibles de V' et de V, de façon à ce qu'elle soit suffisante dans tous les cas qui peuvent se présenter.

Comme V représente la vitesse maxima autorisée pour un train quelconque, la vitesse réelle V' de ce train ne saurait dépasser V; autrement dit, V ne peut être qu'égal ou supérieur à V'. Il résulte de là que nous rendrons L maximum pour une valeur donnée de V', en faisant dans notre dernière formule $V = V'$, au moins toutes les fois que la valeur de V pourra descendre jusqu'à V'.

Nous devons donc prendre :

$$L = 800^{m} \frac{V'^2}{V'^2 + 203,4(I - I')}.$$

Or la plus grande valeur de L que donnera cette formule correspondra à la plus grande valeur que peut recevoir V', c'est-à-dire à la valeur V, laquelle sera égale à 80 kilomètres ou à $V_1 + 10$, si la vitesse est limitée à V_1 sur la partie de voie où le train se trouve.

En particulier, pour ce dernier cas, on devra prendre :

$$L = 800^{m} \frac{(V_1 + 10)^2}{(V_1 + 10)^2 + 203,4(I - I')},$$

à moins toutefois que le train ne soit freiné pour une vitesse V plus grande que $V_1 + 10$, ce qui arrivera, comme nous l'avons indiqué plus haut, si la vitesse de tracé du train est très faible; alors L devra être calculé par la relation :

$$L = 800^{m} \frac{(V_1 + 10)^2}{V^2 + 203,4(I - I')}.$$

Nous allons indiquer maintenant comment, au moyen des relations précédentes, a été calculé le tableau I des distances à réserver entre les signaux avancés et leurs poteaux de limite de protection.

La première colonne de ce tableau indique les déclivités. La deuxième donne les valeurs de L correspondant aux déclivités égales ou inférieures à 10 millimètres par mètre et sur lesquelles la vitesse n'est pas limitée, ou plutôt doit être supposée pouvoir atteindre 80 kilomètres; on a donc calculé ces valeurs au moyen de la relation :

$$L = 800^{m} \frac{(80)^2}{(80)^2 + 203,4(I - I')}.$$

On a supposé que le train était freiné pour une pente de 10 millimètres; en conséquence on a fait :

$$I = 10,$$

I' pouvant prendre toutes les valeurs positives ou négatives égales ou inférieures à 10 millimètres.

Pour calculer les chiffres de la colonne (3), on a fait usage de la formule :

$$L = 800^{m} \frac{(70)^2}{(70)^2 + 203,4(I - I')},$$

en faisant

$$I = 15 \quad \text{pour} \quad I' = 15,\ 14 \text{ et } 13;$$
$$I = 12 \qquad\qquad I' = 12 \text{ et } 11;$$
$$I = 10 \qquad\qquad I' \leqq 10.$$

Les chiffres de la colonne (4) ont été établis au moyen de la relation :

$$L = 800^{m} \frac{(60)^2}{(60)^2 + 203,4(I - I')},$$

avec

$$I = 15 \quad \text{pour} \quad I' = 15,\ 14,\ 13.$$

Les chiffres de la colonne (4) ne s'appliquent qu'aux pentes de 15 millimètres, 14 millimètres et 13 millimè-

tres, qui sont les seules sur lesquelles la vitesse soit limitée à 50 kilomètres, cette limitation à 50 kilomètres ne s'appliquant elle-même, dans aucun cas, en raison des courbes, contrairement à ce qui a lieu pour les limitations, à 60 kilomètres, 40 kilomètres, 30 kilomètres.

Les chiffres de la colonne (5) ont été calculés par la formule

$$L = 800^{m} \frac{(30)^2}{(50)^2 + 203,4(I - I')},$$

avec :

I = 20 pour les valeurs de I' égales ou inférieures à 20 et supérieures à 15;
I = 15 pour les valeurs de I' égales ou inférieures à 15 et supérieures à 12;
I = 12 pour les valeurs de I' égales ou inférieures à 12 et supérieures à 10.

Pour les déclivités égales ou inférieures à 10 millimètres, nous avons vu que la vitesse maxima V, pour laquelle le train est freiné, ne descend pas au-dessous de $52^{k},5$. En conséquence, pour les déclivités dont il s'agit on doit prendre

$$L = 800^{m} \frac{(50)^2}{(52\,{}^1/_2)^2 + 203,4(I - I')}.$$

Dans cette relation, 50 kilomètres représente la vitesse maxima et majorée $V_1 + 10$ que l'on suppose que le train peut atteindre et $52^{k},5$ la vitesse maxima V pour laquelle il est freiné.

Pour les déclivités égales ou inférieures à 10 millimètres, la compagnie a continué à faire V = 50, c'est-à-dire à se servir de l'avant-dernière formule au lieu de la dernière; elle a donc adopté pour L des valeurs plus grandes qu'il n'est nécessaire, mais qui peuvent être observées sans inconvénient.

Les chiffres de la colonne (6) donnent les valeurs de L qui correspondent au cas où la vitesse est limitée à

voie à 30 kilomètres, limitation qui s'applique dans tous les cas où la voie présente une pente supérieure à 20 millimètres par mètre. On a admis que, sur les déclivités de cette nature, on prendrait toujours L égal à 800 mètres et c'est pour ce motif que notre tableau ne s'étend pas à ces déclivités. Cherchons toutefois les valeurs que la théorie attribuerait à L pour des pentes supérieures à 20 millimètres, autrement dit, les chiffres qui devraient être inscrits dans la colonne (6) du tableau, si elle était complétée pour ces pentes ; on devrait prendre :

$$L = 800^{m} \frac{(40)^2}{(40)^2 + 203,4(I - I')},$$

avec

$I = 25$ pour les valeurs de I' égales ou inférieures à 25, mais supérieures à 20 ;

$I = 30$ pour les valeurs de I' égales ou inférieures à 30, mais supérieures à 25.

La compagnie de l'Ouest a continué à appliquer la formule précédente pour les déclivités égales ou inférieures à 20 millimètres mais supérieures à 15 millimètres ; cette manière de faire n'est pas conforme à la théorie, attendu que, sur les pentes de 20 à 10 millimètres par mètre, la vitesse maxima pour laquelle le train est freiné ne descend pas au-dessous de 45 kilomètres et que, sur les pentes égales ou inférieures à 10 millimètres, elle ne descend pas au-dessous de $52^{k},5$, d'après ce qui a été dit précédemment.

On devrait prendre en effet :

$$L = 800^{m} \frac{(40)^2}{(45)^2 + 203,4(I - I')},$$

pour toutes les déclivités égales ou inférieures à 20 millimètres, mais supérieures à 10 millimètres avec :

$I = 20$ pour $I' \leqq 20$ et > 15 ;
$I = 15$ $\quad I' \leqq 15$ $\quad > 12$;
$I = 12$ $\quad I' \leqq 12$ $\quad > 10$.

Puis on devrait prendre :

$$L = 800^{m} \frac{(40)^2}{(52\ {}^1/_2)^2 + 203,4(I - I')},$$

pour toutes les déclivités égales ou inférieures à avec :

$$I = 10 \quad \text{et} \quad I' \geqslant 10.$$

En se servant, comme elle l'a fait pour calculer les valeurs de L correspondant aux pentes de 20 à 10 millimètres de la formule :

$$L = 800^{m} \frac{(40)^2}{(40)^2 + 203,4(I - I')},$$

la compagnie a adopté des valeurs trop grandes ; il n'y a d'ailleurs aucun inconvénient à conserver. Elle a, d'autre part, arrondi les chiffres obtenus en appliquant les formules que nous venons de faire connaître généralement en les forçant, de sorte qu'elle n'a arrondi en dessous qu'autant que la valeur de L ne s'en trouvait réduite que dans une mesure sans importance. Les chiffres auxquels elle s'est arrêtée sont du reste forcés d'une manière très notable pour les déclivités faibles, où la vitesse, en raison du rayon des courbes, est limitée à 40 kilomètres et à 30 kilomètres. Elle n'a d'ailleurs dans aucun cas admis pour L de valeur inférieure à 400 mètres.

Le tableau I contient, en général, dans chaque case et sur la même ligne horizontale deux chiffres :

Le premier chiffre est celui qui résulte des formules précédentes et qui devrait logiquement être choisi ; le second est celui adopté par la compagnie et qui a été seul inscrit, l'autre lui étant de toute évidence inférieur.

Nous avons vu que toute la théorie que nous venons d'exposer est basée sur l'hypothèse que les freins peuvent être complètement serrés au moment où la machine

sse devant le signal avancé supposé tourné à l'arrêt. Le nouvel ordre général recommande de placer les siaux avancés de telle sorte que leur distance de visibi5 soit au moins de 400 à 500 mètres, si cela est pos-le. Il fixe en outre les minima au-dessous desquels tte distance ne peut descendre, d'après la vitesse xima à laquelle le signal peut être abordé, de la maère suivante :

VITESSE MAXIMA à laquelle le signal peut être abordé	DISTANCE MINIMA de visibilité du signal	TEMPS EMPLOYÉ pour parcourir la distance ci-contre
kilomètres	mètres	secondes
80	270	12
60	200	12
50	185	13
40	170	15
30	150	18

Les durées indiquées dans le tableau précédent sont gardées comme suffisantes pour effectuer le serrage s freins; mais il peut arriver que la distance minima visibilité indiquée dans le même tableau ne puisse être tenue. Dans ce cas, il est prescrit d'établir à 500 mèes en avant du point de visibilité un signal de limitaon de vitesse indiquant au mécanicien le chiffre auquel devra avoir ramené la vitesse de son train en arrivant ce point, ce chiffre sera celui qui correspond dans le bleau précédent à la distance de visibilité immédiateent inférieure à celle constatée sur le terrain.

III. DÉTERMINATION DU NOMBRE DE FREINS GARDÉS A PLACER DANS LES TRAINS.

Cette question est celle dont la solution est la plus élicate; aussi le nouvel ordre général qui la concerne

est-il celui qui, au cours de l'instruction, a subi les modifications les plus profondes.

Le problème que nous devons tout d'abord résoudre peut s'énoncer comme suit :

Quelle est la proportion du poids total d'un train qui doit être enrayable, autrement dit quel doit être le *coefficient de freinage* de l'ensemble de ce train, pour qu'il puisse être arrêté dans un parcours déterminé L, que nous avons fixé à 800 mètres, après le serrage complet des freins et la mise en action des autres moyens d'arrêt, comme l'emploi de la contre-vapeur?

Il doit être entendu que la condition doit être remplie pour toutes les déclivités que le train a à parcourir et pour la vitesse maxima qu'il est autorisé à prendre sur chacune de ces déclivités :

Soient :

P le poids total du train, moteur compris;
V sa vitesse en kilomètres par heure;
v sa vitesse en mètres par seconde $\left(v = \frac{V}{3,6}\right)$;
P′ le poids des parties tournantes (en pratique on admet que P′ = 0,16 P);
R le rayon de roulement;
ω la vitesse angulaire de rotation $\left(\omega = \frac{v}{R}\right)$;
R′ le rayon de gyration (on admet que l'on a en pratique $\frac{R'^2}{R^2} = 0,50$);
p le poids enrayable par les freins du train, ceux du tender et la contre-vapeur;
p' le poids enrayable des parties tournantes (on admet que l'on a, en pratique, $p' = 0,16p$);
f le coefficient de frottement ou d'adhérence des roues enrayées;
f' le coefficient de résistance au roulement;
K la résistance propre des organes de la machine exprimée en kilogrammes;
I la déclivité de la voie exprimée en millimètres par mètre, ainsi qu'il a été dit précédemment, I étant compté positivement sur les pentes et négativement sur les rampes.

La puissance vive totale du train marchant à la vitesse v est égale à :

$$\frac{Pv^2}{2g} + \frac{P'}{2g}\omega^2 R'^2,$$

le second terme de cette expression représentant la partie de la puissance vive due à la rotation des parties tournantes.

Si l'on remplace ω par sa valeur $\frac{v}{R}$ et $\frac{R'^2}{R^2}$ par 0,5, l'expression précédente deviendra :

$$(P + 0{,}5P')\frac{v^2}{2g}.$$

Mais elle ne représente la puissance vive totale du train qu'autant qu'aucune roue n'est enrayée; si, au contraire, on a enrayé un poids p' des parties tournantes, la puissance vive totale du train sera égale seulement à :

$$[P + 0{,}5(P' - p')]\frac{v^2}{2g}.$$

Telle est l'expression qui doit être appliquée, dès que les freins sont entièrement serrés.

La force retardative qui agit alors sur le train se compose des éléments suivants :

$(P - p)f'$ résistance au roulement du train;
fp résistance au glissement des parties enrayées;
K résistance propre des organes de la machine.

Mais la force retardatrice sera diminuée, d'autre part, de la composante efficace $\frac{PI}{1000}$ de la pesanteur; on aura donc pour l'expression définitive de la force retardatrice réelle qui agit pour arrêter le train :

$$(P - p)f' + fp + K - \frac{PI}{1.000},$$

et le travail résistant de cette force pour un par
égal à L sera :

$$\left[(P-p)f'+fp+K-\frac{PI}{1.000}\right]L.$$

Le train s'arrêtera quand ce travail résistant sera
venu égal à la puissance vive [P + 0,5 (P' — p ...
le train possédait au moment où les freins ont été
tivement serrés, c'est-à-dire lorsque l'on aura :

$$\left[(P-p)f'+fp+K-\frac{PI}{1.000}\right]L = [P+0,5(P'-p ...$$

en remplaçant P' par 0,16 P et p' par 0,16 p, ...
enfin par P, il vient :

$$\left[\left(1-\frac{p}{P}\right)f'+f\frac{p}{P}+\frac{K}{P}-\frac{I}{1.000}\right]L = \left[1+0,08\left(1-\frac{p}{P} ...\right.\right.$$

Telle est la formule à laquelle, d'accord avec M.
Lefèvre, je m'arrêterai.

M. l'inspecteur général Thoyot avait établi la ...
suivante peu différente de la précédente :

$$\left[\left(1-\frac{p}{P}\right)f'+f\frac{p}{P}+\frac{K}{P}-\frac{I}{1.000}\right]L = (1+0,08) ...$$

Cette formule ne diffère de la nôtre qu'en ce que
le second membre M. Thoyot n'a pas eu égard à ce
l'on ne doit plus compter pour les parties tournantes
rayées, la partie de leur puissance vive qui corresp
au mouvement de rotation; il est vrai que souvent
freins ne sont pas toujours serrés jusqu'à l'enrayage
que ce n'est pas même alors qu'ils ont, comme nous a
vons déjà rappelé, leur maximum d'efficacité. Toute
les deux formules conduisent à des résultats dont
férence n'a pas d'importance en pratique et nous
querons celle que nous avons établie et qui est
par M. Lefèvre.

Pour une vitesse et une déclivité déterminée, notre formule nous permettra de calculer : 1° le coefficient de freinage, c'est-à-dire le rapport $\frac{p}{P}$, si l'on donne le parcours L après lequel le train doit s'arrêter ; 2° ce parcours L, si l'on donne le coefficient de freinage $\frac{p}{P}$. La formule pour chacun de ces deux cas peut être mise sous les formes suivantes :

$$\frac{p}{P} = \frac{1{,}08\,\frac{v^2}{2gL} + \frac{I}{1.000} - f' - \frac{K}{P}}{f - f' + 0{,}08\,\frac{v^2}{2gL}};$$

$$L = \frac{\left[1 + 0{,}08\left(1 - \frac{p}{P}\right)\right]\frac{v^2}{2g}}{f' + (f - f')\,\frac{p}{P} - \frac{I}{1.000} + \frac{K}{P}}.$$

Pour que le train puisse s'arrêter et même pour qu'étant arrêté il ne se mette pas de lui même en marche, il faut que la force retardataire ait une valeur positive, c'est-à-dire que l'on ait

$$(P - p)f' + fp + K - \frac{PI}{1.000} > 0,$$

ce qui revient à :

$$\left(1 - \frac{p}{P}\right)f' + f\,\frac{p}{P} + \frac{K}{P} - \frac{I}{1.000} > 0,$$

ou encore à

$$(f - f')\,\frac{p}{P} > \frac{I}{1.000} - f' - \frac{K}{P},$$

c'est-à-dire

$$\frac{p}{P} > \frac{\frac{I}{1.000} - f' - \frac{K}{P}}{f - f'}.$$

Il est d'ailleurs évident que $\frac{p}{P}$ ne peut être supérieur à l'unité.

Nous aurons surtout à appliquer la formule

$$\frac{p}{P}=\frac{1{,}08\,\frac{v^2}{2gL}+\frac{I}{1.000}-f'-\frac{K}{P}}{f-f'+0{,}08\,\frac{v^2}{2gL}},$$

qui permet de calculer le coefficient de freinage en fonction de la vitesse et de la déclivité.

Remplaçons maintenant v par $\frac{V}{3{,}6}$, et v^2 par $\frac{V^2}{(3{,}6)^2}=\frac{V^2}{12{,}96}$. En outre remplaçons g par sa va[leur] et faisons $L=800^m$, nous trouverons

$$\frac{v^2}{2gL}=\frac{V^2}{203{,}420}=0{,}0000049V^2,$$

d'où l'on tirera :

$$0{,}08\,\frac{v^2}{2gL}=0{,}0000004V^2,$$

et

$$1{,}08\,\frac{v^2}{2gL}=0{,}0000053V^2.$$

Substituons ces valeurs dans la dernière exp[ression] trouvée pour $\frac{p}{P}$ et multiplions haut et bas par 1[000], nous obtiendrons.

$$\frac{p}{P}=\frac{I-1.000f'-\frac{1.000K}{P}+0{,}0053V^2}{1.000(f-f')+0{,}0004V^2}$$

Reste à déterminer la valeur des coefficients [...] et K.

Le coefficient de glissement ou d'adhérence f, est ce[lui] qui influe de beaucoup le plus sur la valeur du coeff[icient] de freinage $\frac{p}{P}$; mais, la grandeur de ce coeffi[cient] est très variable.

Dans son mémoire de 1874, M. Thoyot indiquait que le coefficient f varie avec la vitesse de marche et surtout avec les circonstances atmosphériques, qu'il peut descendre jusqu'à 0,06 sur des rails très humides ou pour des vitesses très grandes, tandis que sur des rails bien secs et pour des vitesses modérées, il est généralement de 0,14, c'est-à-dire égal au coefficient d'adhérence des machines; M. Thoyot ajoutait que d'après les expériences faites au chemin de fer de l'Est par MM. Vuillemin et Ce, le coefficient de la résistance créée par le frottement des freins peut s'élever jusqu'à 0,19, en ne serrant pas ces derniers jusqu'à l'enrayage complet des roues.

« Comme il s'agit ici, poursuit M. Thoyot, de la sécurité, il serait imprudent d'adopter pour f des valeurs aussi considérables. D'un autre côté si l'on prenait le minimum, on arriverait à des résultats excessifs qui répondraient, il est vrai, aux circonstances exceptionnellement défavorables, mais qui causeraient sans nécessité une gêne sérieuse et permanente à l'exploitation.

« Nous avons donc proposé, poursuit encore M. Thoyot, et la commission des règlements (*) a adopté le chiffre intermédiaire de 0,104, qui sera presque toujours dépassé dans la pratique. Du reste, dans les cas où les circonstances atmosphériques sont assez défavorables pour déterminer une diminution sensible de l'adhérence, les compagnies concessionnaires de chemins de fer sont forcées de diminuer la charge normale de leurs trains, et comme le poids de la machine et du tender demeurent constants, il est évident que leur influence, comme frein, présente alors une augmentation relative qui vient compenser en partie l'affaiblissement accidentel des autres moyens d'arrêt. »

(*) La commission des règlements et inventions, dont il est ici question, avait en grande partie les mêmes attributions que le comité technique actuel qui l'a remplacée.

M. Couche, de son côté, semble conseiller le chif
de 1/10, qui a été admis, dit-il, sur le réseau de Paris
Lyon et à la Méditerranée.

Quant à M. Pol Lefèvre, dans son mémoire déjà cité
il adopte le chiffre de M. Thoyot, soit 0,104 ; je ferai
même dans ce qui va suivre.

Le coefficient f' de résistance au roulement, d'après
M. Thoyot, s'élève jusqu'à 0,010 quand la vitesse de
marche atteint 70 kilomètres à l'heure et s'abaisse à 0,0
et même au-dessous lorsque la voie est en bon état
que la vitesse est plus petite que 30 kilomètres ; M. L
employait pour f' la valeur constante 0,004.

M. Lefèvre, en utilisant certains résultats d'expérience
et en établissant entre eux une sorte de moyenne, pro
de prendre

$$f' = 0{,}003 + \frac{0{,}0012\,V^2}{1.000},$$

f' ne serait donc pas constant, comme nous l'avons
admis en établissant l'équation des puissances ;
mais l'influence du coefficient f' sur les résultats dé
est très faible et on aura une exactitude bien suffisante
à la condition de prendre dans chaque cas pour f' une
valeur moyenne convenable ; car pendant la durée de
l'arrêt d'un train la valeur de f' varie en même temps
celle de la vitesse.

En désignant par v' la vitesse en mètres et par seconde
variable pendant l'arrêt du train, v représentant tou
la vitesse avant la mise en action des freins, nous pouvons
écrire pour déterminer v' :

$$\frac{Pv'^2}{2g} = \frac{Pv^2}{2g} - F_1 L'.$$

La force retardatrice totale F_1 étant regardée comme
constante, ce qui est très près de la vérité et L' dési
le chemin qui a été déjà parcouru depuis la mise

action complète des freins jusqu'au moment où la vitesse se trouve réduite à v'.

La relation précédente revient à

$$\frac{PV'^2}{12{,}96 \times 2g} = \frac{PV^2}{12{,}96 \times 2g} - F_1 L',$$

V' et V étant les vitesses en kilomètres et par heure correspondant à v' et v. ou encore

$$V'^2 = V^2 - 2\alpha F_1 L',$$

en posant

$$\frac{12{,}96 \times g}{P} = \alpha.$$

Le travail résistant dû à la résistance au roulement est, pour chaque déplacement élémentaire dL', égal à :

$$(P - p) f' dL',$$

ou

$$(P - p)(a + bV'^2) dL',$$

en posant pour un instant, en vue d'abréger les écritures :

$$f' = a + bV'^2.$$

Le travail total dû à la résistance au roulement et effectué jusqu'à l'arrêt complet du train sera égal à :

$$(P - p)\int_0^L (a + bV'^2) dL'.$$

L représentant la distance parcourue depuis la mise en action complète des freins jusqu'à l'arrêt du train.

Si nous remplaçons V'^2 par sa valeur $V^2 - 2\alpha F_1 L'$, l'expression précédente deviendra :

$$(P - p)\int_0^L (a + bV^2 - 2b\alpha F_1 L') dL',$$

ou bien en effectuant et se rappelant qu'ici V est une constante

$$(P - p)[(a + bV^2)L - b\alpha F_1 L^2],$$

ou encore puisque $\alpha F_1 L$ est égal à $\frac{V^2}{2}$

$$(P - p)\left(a + \frac{bV^2}{2}\right)L.$$

Nous serions arrivé au même résultat en consi
dans l'expression de f', V comme ne représentan
une vitesse variable, mais la vitesse du train av
mise en action des freins et en réduisant le coeffic
de V^2 à la moitié de sa valeur, c'est-à-dire en pren

$$f' = 0{,}003 + \frac{0{,}0006\,V^2}{1.000}.$$

Ce qui revient encore à prendre dans l'expression de
une valeur moyenne V_m de la vitesse déterminée par la
relation

$$V_m^2 = \frac{V^2}{2} \quad \text{ou} \quad V_m = \frac{V}{\sqrt{2}}.$$

V étant toujours la vitesse du train au moment où com-
mence le serrage des freins.

Par suite d'une erreur M. Lefèvre avait été con
prendre

$$V_m = \frac{V}{2} \quad \text{ou} \quad V_m^2 = \frac{V^2}{4}.$$

En ce qui concerne toujours le coefficient de résistan
au roulement M. Couche semble recommander l'emploi
deux formules de Finck qui peuvent s'exprimer de la
manière suivante :

1° Pour les circonstances favorables, courbes à grands
rayons, vent faible, etc., on devrait prendre :

$$1.000 f' = 2{,}50 + 0{,}0010\,V^2.$$

2° Pour les circonstances défavorables, mais non ex-
trêmes, on devra prendre :

$$1.000 f' = 3{,}75 + 0{,}0015\,V^2.$$

V étant supposé être la vitesse du train à chaque instant de son parcours.

La moyenne des deux expressions conduit à la relation

$$1.000f' = 3{,}125 + 0{,}0125\,V^2,$$

bien peu différente de celle que nous avons adoptée avec M. Lefèvre et qui peut s'écrire :

$$1.000f' = 3 + 0{,}0012\,V^2,$$

étant bien entendu d'ailleurs que si l'on envisage l'arrêt d'un train, il faudrait, pour la durée de l'action complète des freins et V étant alors la vitesse avant que les freins n'aient commencé à agir, prendre

$$1.000f' = 3{,}125 + 0{,}000625\,V^2,$$

ce qui donnerait pour la partie de la force retardatrice, qui dépend du coefficient f', une valeur légèrement supérieure à celle dont nous nous proposons de faire usage.

Les valeurs de tous les coefficients que nous avons à introduire dans les formules sont délicates à fixer ; celle du coefficient K, qui représente la résistance propre des organes de la machine, n'échappe pas à cette règle.

M. Thoyot indique dans son mémoire de 1874 que, d'après les expériences faites sur le réseau de l'Est, la résistance propre du mécanisme d'une machine s'accroît avec la vitesse de marche et surtout avec le nombre de ses essieux accouplés et qu'elle est moyennement, par tonne du poids de la machine, de :

$4^{kg},00$ pour les machines à roues libres ;
$6^{kg},50$ pour les machines à 4 roues accouplées ;
$8^{kg},50$ pour les machines à 6 roues accouplées ;
$16^{kg},00$ pour les machines à 8 roues accouplées.

Or, c'est le rapport $\frac{K}{P}$ qui figure dans nos formules précédemment établies. En indiquant par q l'un quel-

conque des chiffres que nous venons d'inscrire et
le poids en tonnes de la machine, non compris son
on aura

$$K = q \times M,$$

et par suite

$$\frac{K}{P} = \frac{q \times M}{P}.$$

P représentant toujours le poids total du train,
compris.

« De nombreuses vérifications, dit à ce sujet M.
faites au moyen du livret des charges (des trains
compagnie P.-L.-M., nous ont montré que sur les
dont les rampes ne dépassent pas 0,010 (c'est-à-
10 millimètres par mètre), le rapport $\frac{K}{P}$ ne varie
que de 0,0005 à 0,0010, mais qu'il est beaucoup
considérable sur les fortes rampes et qu'il s'élève
0,0036 sur celles de 0,030. »

M. Thoyot a admis pour $\frac{K}{P}$ la valeur minima de
quelle que soit la déclivité, ce qui donnera,
surcroît de sécurité sur les sections à fortes rampes.

M. Lefèvre propose d'adopter pour $\frac{K}{P}$ la valeur
peu plus forte de 0,0006. Il déduit cette valeur
de l'application aux machines de l'Ouest de la
indiquée tout à l'heure.

$$\frac{K}{P} = \frac{q \times M}{P},$$

mais sans donner à ce sujet les éclaircissements
saires à la facile intelligence de la question. Il
d'ailleurs pour la quantité q les chiffres de M.
mais laisse de côté les machines à huit roues
qui n'existent pas encore sur le réseau de l'Ouest.

Les éléments sur lesquels sont établis les résultats obtenus par M. Lefèvre peuvent être résumés dans le tableau suivant où on a désigné par :

M le poids de la machine en tonnes;
T le poids du tender;
P_1 le poids du train (*), non compris le moteur, c'est-à-dire ce qu'on appelle ordinairement la charge du train, q représentant d'ailleurs les chiffres indiqués tout à l'heure.

Le poids total P du train sera égal à $M + T + P_1$.

	q	M	T	P_1	P	$q \times M$	$\frac{K}{P}$
	kilog.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	
Machines à roues libres.	4,00	19	9	100	128	0,0760	0,0006
— à 4 roues accouplées.	6,50	33	16	280	329	0,2145	0,0007
— à 6 — —	8,50	35	17	455	507	0,2975	0,0006

On a donc adopté pour $\frac{K}{P}$ la valeur de 0,0006, ainsi que nous l'avons dit.

La résistance que représente $\frac{K}{P}$ n'existe qu'autant qu'il y a une machine attelée au train; mais s'il s'agissait d'une rame de véhicules séparée de toute machine, comme cela peut arriver en cas de rupture d'attelage, il n'y aurait pas lieu de tenir compte de la résistance $\frac{K}{P}$. Pour ce motif nous écrirons

$$\frac{K}{P} = 0,0006\delta.$$

étant convenu que δ est égal à l'unité, quand il y a

(*) Pour avoir le maximum de sécurité on a dû employer la valeur minima de $\frac{K}{P}$, et en conséquence on a adopté, pour la charge P_1 du train, la charge maxima pouvant être imposée à la machine aux vitesses les plus faibles et sur les profils les plus avantageux.

une machine attelée au train et qu'il est égal à ...
quand il n'y en a pas.

Maintenant que nous avons arrêté les valeurs à introduire dans l'expression générale du coefficient de freinage $\frac{p}{P}$, expression qui, sous la dernière forme que nous lui avons donné, est :

$$\frac{p}{P} = \frac{I - 1.000f' - \frac{1.000\,K}{P} + 0,0053\,V^2}{1.000(f - f') + 0,0004\,V^2}$$

nous y ferons

$$1.000f' = 3 + 0006\,V^2,$$
$$1.000(f - f') = 104 - 3 - 0,0006\,V^2 = 101 - 0,0006\,V^2$$
$$1.000\,\frac{K}{P} = 0,68.$$

nous aurons donc :

$$\frac{p}{P} = \frac{I - 3 - 0,0006\,V^2 - 0,68 + 0,0053\,V^2}{101 - 0,0006\,V^2 + 0,0004\,V^2}.$$

et par suite

$$\frac{p}{P} = \frac{I - 3 - 0,68 + 0,0047\,V^2}{101 - 0,0002\,V^2}.$$

La valeur du second terme du dénominateur n'est égal qu'à 1,28 pour $V = 80$ et très faible par rapport à celle du premier; nous pouvons donc sans hésitation faire le dénominateur égal à 100 et adopter comme très largement suffisante en pratique, la relation très simple :

$$\frac{p}{P} = \frac{I - 3 - 0,68 + 0,0047\,V^2}{100}.$$

Pour le cas où $L = 800$ mètres M. Thoyot avait trouvé

$$\frac{p}{P} = \frac{I - 4,5 + 0,0053\,V^2}{100}.$$

Dans cette relation 4,5 représente la quantité 1.000 $\left(f' + \frac{K}{P}\right)$, M. Thoyot ayant pris 1.000 $f' = 4$ et 1.000 $\frac{K}{P} = 0,5$.

De notre côté, nous avons pris

$$1.000 f' = 3 + 0,0006\,V^2,$$

et

$$\frac{1.000\,K}{P} = 0,6,$$

ce qui donne 1.000 $\left(f' + \frac{K}{P}\right) = 3,6 + 0,0006\,V^2$; si dans la formule de M. Thoyot nous substituons à 4,5 cette dernière valeur de 1.000 $\left(f' + \frac{K}{P}\right)$, nous retrouverons la notre, dans l'hypothèse où δ est égal à l'unité.

Pour déterminer le coefficient de freinage $\frac{p}{P}$ du train pris dans sa totalité, coefficient que nous désignerons désormais par k, nous emploierons donc la relation

$$k = \frac{p}{P} = \frac{I - 3,6 + 0,0047\,V^2}{100},$$

en faisant dans la formule générale précédente $\delta = 1$, parce que nous supposons qu'il y a une machine attelée au train.

Mais s'il s'agit d'une rame de train sans machine attelée, comme cela peut arriver en cas de rupture d'attelage et par suite de dérive, nous emploierons pour déterminer le poids enrayable p et par suite le coefficient de freinage k_0, en désignant par k_0 la valeur de k applicable à ce cas, l'expression

$$k_0 = \frac{I - 3}{100},$$

laquelle se déduit de notre formule générale, en faisant $8 = 0$, puisqu'on suppose qu'il n'y a plus de machine attelée au-train et aussi $V = 0$, parce que la dérive ne peut commencer qu'après que le train a perdu toute vitesse, c'est-à-dire s'est arrêté sur la voie, avant de reprendre un mouvement de recul.

Je joins à ce rapport un tableau II des valeurs du coefficient de freinage k, ou $\frac{p}{P}$ pour les diverses déclivités et les diverses valeurs de la vitesse maxima V, pour laquelle le train doit être freiné. J'ai indiqué précédemment comment on détermine cette vitesse maxima V et je rappelle que pour les pentes supérieures à 10 millimètres par mètre, la valeur de V ne peut dépasser $V_1 + 10$, V_1 étant la vitesse limite fixée par l'ordre général, pour la déclivité considérée, mais que l'on suppose pouvoir être accidentellement dépassée de 10 kilomètres.

Je pourrai donc restreindre le tableau des valeurs du coefficient k à celles qui correspondent aux valeurs maxima de V, que je viens de rappeler.

A ce tableau je joindrai celui des valeurs de $\frac{1}{k}$ ou de $\frac{P}{p}$, dont on verra plus loin l'utilité. Je ferai figurer d'ailleurs dans l'un ou dans l'autre les valeurs particulières de k_0 et de son inverse $\frac{1}{k_0}$ précédemment définies et qui se rapportent à l'éventualité des ruptures d'attelage et des mouvements en dérive.

On remarquera que si l'on considère un train marchant toujours à la vitesse maxima permise en chaque point de la voie, la proportion dans laquelle il devrait être freiné est indiquée par le dernier chiffre de chaque ligne horizontale du tableau des valeurs du coefficient k; on

remarquera aussi que ces chiffres sont loin d'augmenter toujours quand la pente augmente, ce qui tient à ce que l'effet de l'augmentation de la pente est alors plus que compensé par la réduction que l'on apporte en même temps à la vitesse maxima permise. En conséquence un train qui aurait été freiné rigoureusement pour la pente maxima qu'il doit rencontrer, ne le serait pas nécessairement toujours assez pour des pentes plus faibles, et il doit l'être suffisamment non seulement pour la pente maxima, mais encore pour les pentes plus petites; nous aurons à revenir sur cette observation.

Le coefficient de freinage k s'applique au train tout entier, machine et tender compris; or la machine et le tender, en tenant compte de l'action retardatrice de la contre-vapeur, possèdent toujours des moyens d'arrêt plus que suffisants pour amortir leur vitesse, c'est-à-dire déterminer leur arrêt après un parcours déterminé que nous avons fixé à 800 mètres, de sorte que le superflu de ces moyens d'arrêt se reporte sur le train proprement dit et permet de le freiner dans une proportion moins élevée que ne l'indiquerait la valeur du coefficient k; ainsi si on déterminait le nombre des freins gardés en ne tenant compte que de cette valeur, un frein par trois véhicules ne serait même pas tout à fait suffisant pour un train descendant une pente de 10 millimètres à la vitesse de 80 kilomètres, tandis que, comme nous le verrons, le concours de la machine et du tender permet de n'employer qu'un frein par cinq véhicules.

Nous appellerons, comme précédemment :

P_1 le poids du train proprement dit (non compris la machine et le tender);
M le poids de la machine;
T le poids du tender;

et de plus :

M′ la partie du poids de la machine qui porte sur les
moteurs et dont il y a lieu de tenir compte dans la
à contre-vapeur, si la machine n'a pas de frein;
p_1 la partie du poids du train proprement dit qui est

Il nous faut d'abord évaluer l'action retardatrice
peut fournir l'emploi de la contre-vapeur.

Nous estimons que l'on peut admettre que cette
équivaut à l'enrayement de tout le poids M′ adhérent
la machine, le coefficient d'adhérence étant supposé
comme nous l'avons dit précédemment, à 0,104.

Il paraît admis en effet, aujourd'hui, que la contre-va-
peur peut produire une résistance égale à 60 p.
l'effort de traction correspondant au même cran
mission. D'autre part, les machines de la compagnie
l'Ouest sont construites de façon que l'effort
de traction qu'elles peuvent fournir soit égal au
poids adhérent M′; il résulte de là que l'effort
maximum que l'on peut attendre de la contre-vapeur
égal à

$$0{,}60 \times \frac{M'}{6} = 0{,}10\,M',$$

c'est-à-dire à l'adhérence de la machine, en supposant
le coefficient d'adhérence ou de frottement égal à
par suite sensiblement égal à celui (0,104) que
avons adopté précédemment.

Ce que nous venons de dire suppose, il est vrai,
pression de la vapeur dans la chaudière est à son
mum ; s'il n'en était pas tout à fait ainsi, l'arrêt
encore être obtenu dans le parcours voulu, car pour
machines le coefficient d'adhérence 0,10 est au-dessous
de la vérité, et sa valeur pourrait être portée à
d'après M. Thoyot; enfin il ne faut pas perdre de

l'effet, dont nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs, de l'action des freins pendant leur serrage.

Nous opérerons en conséquence, comme si les roues motrices de la machine étaient pourvues de freins manœuvrables à la main ou autrement.

La machine et son tender ont, d'après ce qui précède, un poids enrayable égal à $M' + T$, et le poids qu'il suffirait d'enrayer pour les maîtriser est égal à $k(M + T)$; il reste donc un poids enrayable disponible égal à

$$M' + T - k(M + T),$$

qui suffira à maîtriser une portion P_0 dû poids du train déterminée par la relation

$$kP_0 = M' + T - k(M + T),$$

de sorte qu'on pourra se borner à introduire dans le train proprement dit le nombre de véhicules à frein capables de maîtriser un poids égal à $P_1 - P_0$; il devra donc y avoir dans ce train proprement dit un poids enrayable p_1 déterminé par la relation

$$p_1 = k(P_1 - P_0).$$

Le coefficient du freinage k_1 du train proprement dit, c'est-à-dire le rapport $\frac{p_1}{P_1}$, sera donc :

$$k_1 = \frac{p_1}{P_1} = k - \frac{kP_0}{P_1} = k\left(1 - \frac{P_0}{P_1}\right).$$

Remarquons que pour la même machine et pour le même train, c'est-à-dire pour M, M', T et P_1 constants, k_1 augmente avec k, puisque kP_0 diminue quand k augmente.

Remarquons encore que pour la même machine et pour des déclivités et des vitesses données, par suite pour la même valeur de k, P_0 conserve aussi la même valeur, et qu'en conséquence k_1 augmente avec P_1 ; si donc on veut

avoir la valeur maxima que peut prendre k_1 dans les con-ditions précitées et qui est celle qu'on devra adopter pour que le freinage soit suffisant dans tous les cas, en prendre pour P_1 la charge maxima que la machine p[eut] remorquer dans les conditions de vitesse et de p[ente] auxquelles se rapporte la valeur de k que l'on aura con-sidérée.

Le coefficient k_1, déterminé comme il vient d'être [dit], nous fera connaître la portion du poids du train pro-ment dit qui doit être enrayable pour que ce train re-morqué par sa machine, puisse être arrêté dans les con-ditions prévues; mais il convient, en outre, que la portion enrayable du poids du train soit suffisante pour pré[venir] les dérives qui pourraient se produire en cas de rupture d'attelage.

On envisage ordinairement les deux cas de dérive qui correspondent à la rupture de l'attelage en avant et en arrière du fourgon de tête; ce dernier cas est le moins à redouter; mais s'il se produit, c'est celui où il est le plus difficile de maîtriser la dérive, parce que le train propre-ment dit n'a perdu qu'un véhicule, et que ce véhicule a un frein.

Soient p'_1 et p''_1 les poids enrayables qu'il faudrait in-troduire dans le train pour éviter la dérive dans l'un et l'autre des deux cas que nous venons d'indiquer.

En ce qui concerne le premier cas, on devrait poser

$$\frac{p'_1}{P_1} = k_0.$$

k_0 étant le coefficient précédemment défini, c'est-à-dire la valeur de k pour $V = 0$.

En ce qui concerne le second cas, si nous désignons par ϖ le poids du fourgon, le poids de la rame détachée du moteur sera $P_1 - \varpi$, et cette rame ne renfermera qu'un poids enrayable égal à $p''_1 - \varpi$, p''_1 étant, ...

nous l'avons dit tout à l'heure, le poids enrayable qui se trouve dans le train proprement dit supposé complet. Pour que la dérive soit évitée dans l'hypothèse que nous envisageons, il faudra donc que p''_1 ne soit pas inférieur à la valeur donnée par la relation :

$$\frac{p''_1 - \varpi}{P_1 - \varpi} = k_0.$$

d'où l'on tire

$$p''_1 = \varpi + k_0(P_1 - \varpi) = k_0 P_1 + (1 - k_0)\varpi,$$

et par suite

$$\frac{p''_1}{P_1} = k_0 + \frac{(1 - k_0)\varpi}{P_1}.$$

Nous pouvons désigner par k'_1 et k''_1 les valeurs précédentes de $\frac{p'_1}{P_1}$ et $\frac{p''_1}{P_1}$, k_1 désignant toujours la quantité $\frac{p_1}{P_1}$; et il résulte évidemment de ce qui précède que, pour parer à toutes les éventualités, on devrait placer dans le train proprement dit un poids enrayable égal à la plus grande des quantités p_1, p'_1, p''_1, c'est-à-dire adopter pour le coefficient de freinage du train proprement dit la plus grande des quantités k_1, k'_1, k''_1.

On peut renverser le problème que nous venons de résoudre, en le posant sous la forme suivante, que nous emploierons de préférence dans les applications :

Quelle doit être la charge maxima ou le poids maximum P_1 d'un train proprement dit qui renferme un poids enrayable p_1, pour que, d'une part, il puisse être arrêté dans les conditions que nous avons déterminées et pour que, d'autre part, il ne soit pas exposé à l'un ou l'autre des deux genres de dérive que nous avons indiqués?

Les valeurs de P_1 qui répondent à ces trois cas s'obtiendront en renversant les relations précédentes, en faisant p'_1 et p''_1 égaux à p_1 et en remplaçant P_1 par

P'_1 et P''_1 dans les deux dernières ; nous obtiendrons

$$P_1 = P_0 + \frac{p_1}{k} \quad \text{(arrêt sur la voie),}$$

$$P'_1 = \frac{p_1}{k_0} \quad \text{(premier genre de dérive),}$$

et

$$P''_1 = \frac{p_1 - (1 - k_0)\varpi}{k_0} = \frac{p_1 - \varpi}{k_0} + \varpi \quad \text{(deuxième genre de}$$

L'évaluation des quantités P_1, p_1 ; P'_1, p'_1 ; P''_1, ... représentent respectivement le poids d'un train pro- ment dit, ce que l'on appelle sa charge, et le poids rayable qu'il renferme, n'est pas une opération ... en pratique ; aussi a-t-on été conduit à évaluer ces quan- tités par le nombre des véhicules qui les représentent, en attribuant à chaque véhicule (supposé chargé) un poids Δ ; le nombre des freins à placer dans les trains, suivant les cas, est rapporté dans le nouvel ordre gé- néral de la compagnie de l'Ouest au nombre des véhicules que renferme le train.

Il est facile de voir ce que deviendront les relations précédentes dans ce nouveau système d'évaluation ; nous avons cru devoir, toutefois, établir les formules pour le cas plus général où les évaluations sont faites ... attendu que diverses compagnies appliquent ... mode d'évaluation pour les trains mixtes et de marchan- dises.

Pour appliquer le nouveau système, nous poserons

$$P_0 = \frac{M' + T - k(M + T)}{k} = N_0\Delta,$$

$$p_1 = n\Delta,$$

$$P_1 = N\Delta,$$

$$P'_1 = N'\Delta,$$

$$P''_1 = N''\Delta.$$

Nous admettrons, en outre, que le poids ϖ du frein est aussi égal à Δ ; alors les relations précédentes

donneront :

$$N = N_0 + \frac{n}{k} \quad \text{(arrêt sur la voie)},$$

$$N' = \frac{n}{k_0} \quad \text{(premier genre de dérive)},$$

$$N'' = \frac{n-1}{k_0} + 1 \quad \text{(deuxième genre de dérive)}.$$

Le poids moyen Δ ne figure plus dans ces dernières relations ; toutefois, c'est à la condition que l'on admettra que N_0 représente bien un nombre de véhicules à charge ordinaire égal à $\frac{P_0}{\Delta}$, et cette charge ordinaire, nous estimons qu'il convient de la fixer à 10 tonnes.

La première des trois précédentes formules peut s'écrire

$$n = k(N - N_0),$$

laquelle indique que l'on n'a à placer dans le train que le nombre n de freins nécessaires pour freiner, dans la mesure qu'indique le coefficient général de freinage k, un nombre de véhicules égal à $N - N_0$, un nombre N_0 de véhicules étant maîtrisé par l'excédant des moyens d'arrêt dont sont pourvus la machine et son tender.

Il faut remarquer aussi que la quantité N_0 est la seule qui dans nos dernières formules varie suivant la machine dont on fait usage, tandis que le coefficient k ne dépend que de la vitesse qu'on admet que le train peut prendre et du profil de la voie, et que le coefficient k_0 applicable au cas de la dérive dépend exclusivement de ce profil.

Nous avons dès à présent toutes les données nécessaires pour calculer N, N', N'' en fonction de n, ou inversement n en fonction de N, N', N'', si l'on prend successivement, pour résoudre les diverses questions posées, l'une de ces trois dernières quantités pour variable indépendante.

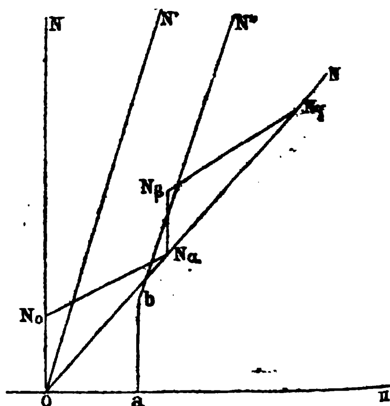
Si l'on construit les courbes (lesquelles seront en fait

des lignes polygonales) dont les abscisses seront les ordonnées N, N′, N″, par rapport à deux axes rectangulaires, elles représenteront les diverses valeurs de ces dernières quantités qui correspondent aux différentes valeurs de n; elles représenteront aussi les diverses valeurs de n correspondant aux différentes valeurs de N, N′, N″. Pour fixer les idées, nous considérerons n comme la variable indépendante.

Construisons d'abord l'équation

$$N = N_0 + \frac{n}{k},$$

elle sera représentée par une droite $N_0 N_\alpha$ coupant l'axe à une distance N_0 de l'origine et ayant $\frac{1}{k}$ pour coefficient angulaire.



Soit N_α le nombre maximum de véhicules que peut remorquer la machine dans les conditions de vitesse et de profil auxquelles correspond la valeur de k, pour laquelle l'équation est construite; j'arrêterai la droite $N_0 N_\alpha$ au point dont l'ordonnée est égale à N_α.

Si je suis conduit à placer dans le train plus de N_α véhicules, je devrai mettre ce train en double attelage et l'adjonction de la nouvelle machine, en la supposant identique à la première, me permettra d'augmenter de N_0 le nombre des véhicules, de le porter par suite de N_α à $N_\beta = N_0 + N_\alpha$ sans avoir à introduire de nouveaux freins dans le train.

Si je dois porter le nombre des véhicules au delà de N_β, de nouveaux freins devront être ajoutés au fur et à mesure de l'adjonction de ces véhicules, c'est-à-dire que l'abscisse n croissant, le nombre des véhicules que le train peut contenir sera représenté par l'ordonnée d'une nouvelle ligne droite $N_\beta N_\gamma$, ayant $\frac{1}{k}$ pour coefficient angulaire et par suite parallèle à $N_0 N_\alpha$.

Lorsque le nombre des véhicules sera devenu égal à N_γ, double de N_α, je ne pourrais plus en ajouter d'autres, sans ajouter une troisième machine, hypothèse qui n'est pas à examiner utilement.

En résumé, le nombre maximum de véhicules que peut renfermer un train, pour s'arrêter dans les conditions prévues, est représenté, pour les différentes valeurs de n, par l'ordonnée de la ligne brisée $ON_0 N_\alpha N_\beta N_\gamma$.

On remarquera que les choses se passent comme si, après avoir porté avec une machine le nombre des véhicules jusqu'à N_α, je soudais au premier train ainsi constitué un second train ayant sa machine propre et dont je porterais progressivement la composition jusqu'à N_α véhicules, comme pour le premier.

La droite $N_\beta N_\gamma$ étant parallèle à $N_0 N_\alpha$, les trois points O, N_α, N_γ, seront en ligne droite, si $N_\alpha N_\beta = ON_0$, ce qui aura lieu si, comme nous l'avons supposé, la seconde machine attelée au train est identique à la première.

On pourra, pour les diverses valeurs de n, en restant dans les conditions d'arrêt voulues, adopter pour N des

valeurs représentées par les ordonnées d'un contour conque, qui serait entièrement situé au-dessous de la gne polygonale $O N_0 N_\alpha N_\beta N_\gamma$ et en fait on cherche vent à rapprocher ce contour de la droite $O N_\varepsilon N_\gamma$ donne un nombre de véhicules proportionnel au de freins et réciproquement.

Construisons maintenant les deux lignes dont les données représenteront les valeurs ci-dessus définies N′ et N″ en fonction de n.

Les valeurs de N′ seront représentées par les nées d'une ligne droite O N′ passant par l'origine et le coefficient angulaire sera égal à $\frac{1}{k_0}$.

Les valeurs de N″ seront représentées par les nées d'une autre ligne droite b N″ ayant aussi $\frac{1}{k_0}$ coefficient angulaire, parallèle par conséquent à la cédente, et passant par le point b dont l'abscisse et donnée sont égales à l'unité.

Le nombre des véhicules d'un train ne devra principe dépasser, pour un nombre n de freins, le petit des nombres N, N′, N″, de sorte que le nombre freins qu'on aurait déterminé pour assurer l'arrêt pleine voie ne sera suffisant, pour éviter les dérive deux genres, qu'autant que les droites O N′ et bN″ ront, pour la valeur n considérée, au-dessus de la polygonale $O N_0 N_\alpha N_\beta N_\gamma$.

Nous annexons à cette note un tableau III des valeurs de N et N′, de N″ pour différents cas qui peuvent se senter. N′ et N″ ne dépendent que du profil de la voie tandis que N, en raison du terme N_0, dépend à la fois ce profil, de la vitesse maxima que peut prendre le train et de la machine qui le remorque; nous calculerons pour diverses valeurs de la vitesse et de la déclivité, conséquent pour diverses valeurs du coefficient k de

nage, et pour les quatre types suivants de machines de la compagnie de l'Ouest (*).

NUMÉROS d'ordre	TYPE		M	M'	T	M'+T	M+T	$10 N_0$
			tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	tonn.	
1	*Série* 800	A 4 roues accouplées. .	33	25	16	41	49	$\frac{41}{k} - 49$
2	*Séries* 281 à 311. .		27	21	14	35	41	$\frac{35}{k} - 41$
3	*Séries* 1471 à 1522.	A 6 roues accouplées. .	31	31	17	48	48	$48\left(\frac{1}{k} - 1\right)$
4	*Série* 2000		35	35	17	52	52	$52\left(\frac{1}{k} - 1\right)$

Nous appellerons N_1, N_2, N_3, N_4 les valeurs de N correspondant aux machines auxquelles nous avons donné les n^{os} d'ordre 1, 2, 3, 4, et que nous désignerons désormais par ces numéros.

Nous avons ajouté à ce tableau une dernière colonne comportant les valeurs N''_1 de N'' établies d'après la valeur que prendrait k_0, si on prenait $\frac{1}{7}$ au lieu de $\frac{1}{10}$ pour valeur de f. Les chiffres de cette colonne sont donnés par la formule très suffisamment approchée :

$$N''_1 = 1 + (N'' - 1)\,\frac{10}{7}.$$

(*) M. Thoyot a représenté graphiquement les valeurs de N pour les diverses valeurs de n et pour quelques types de machines; mais ces représentations, malgré leur élégance, ne m'ont pas paru d'une grande utilité pratique, attendu qu'on est toujours conduit à en traduire les indications en chiffres.

Le mode de représentation adopté par M. Thoyot découle d'ailleurs de l'observation suivante : α et β étant deux constantes pour chaque machine, on peut écrire $N_0 = \frac{\alpha}{k} - \beta$, ce qui donnera $N = -\beta + \frac{\alpha + n}{k}$. De là résulte que, pour une même machine et quelle que soit la valeur de k, la droite, qui a n pour abscisse et N pour ordonnée, passe par un point dont l'abscisse $n = -\alpha$ et dont l'ordonnée $N = -\beta$. Pour une même machine et pour les différentes valeurs de k, N est donc représenté en fonction de n par un faisceau de droites passant toutes par ce point.

obtenue en faisant remarquer que les valeurs de k_1 sont à très peu près inversement proportionnelles à celles de f.

Le tableau que nous avons établi se compose de diverses tranches horizontales correspondant à autant de séries de déclivités et que nous désignerons par les lettres A, B, C, D, E, F, G.

Chaque tranche horizontale se divise en colonnes verticales; en laissant de côté les trois dernières où sont inscrites les valeurs de N′, de N″ et de N''_1, les autres forment trois groupes correspondant à trois séries de vitesses de tracé W, et que nous désignerons par a, b, c, de sorte que l'une quelconque des cases dans lesquelles le tableau est ainsi divisé pourra être désignée par les lettres indicatrices de la tranche et du groupe de colonnes auxquels elle appartient.

Pour chaque case nous avons, dans une colonne spéciale, indiqué les nombres maxima Np de véhicules que l'on aurait pu, d'après les propositions *primitives* de la compagnie, introduire dans un train contenant un nombre n de freins; nous avons indiqué dans une autre colonne les valeurs N_a qu'on aurait attribuées à N_a d'après l'ancienne réglementation.

Nous donnons, d'ailleurs, à part, un tableau V, comportant les valeurs de Np, et en regard les valeurs N_1 définitivement adoptées et approuvées des nombres maxima de véhicules que l'on peut introduire dans un train muni d'un nombre déterminé de freins.

Il y a certains types de machines qui ne sont pas supposés pouvoir être employés pour certaines vitesses; les parties du tableau qui, par ce fait, n'ont pas d'application, n'ont pas été cependant remplies.

Ainsi que nous l'avons vu plus haut, lorsque la charge d'un train dépasse une certaine limite variable avec la vitesse, le profil et le type de la machine, il y a lieu

lui adjoindre une seconde machine, laquelle pourra maîtriser un nouveau nombre N_0 de véhicules, sans que l'on ait besoin d'ajouter de nouveaux freins dans le train; il en résulte que les valeurs de N_1, N_2, N_3, N_4 inscrites dans le tableau, doivent être augmentées de N_0 en cas de double attelage, N_0 ayant alors, bien entendu, la valeur qui convient pour la machine ajoutée.

Les charges limites sont inscrites dans chaque case au bas des colonnes qui contiennent les valeurs de N_1, N_2, N_3 et N_4; elles ont été extraites d'un ordre de service de la compagnie, qu'il sera utile de reviser, et dans lequel elles sont évaluées tantôt en nombre de véhicules, tantôt en tonnes, tantôt des deux manières à la fois.

Les indices *v* et *t* placés à côté du chiffre distinguent les deux premiers modes d'évaluation de la charge maxima que peut remorquer la machine. Pour le cas où l'ordre de service dont il s'agit donne des évaluations à la fois en nombre de véhicules et en tonnes, on n'a indiqué que la première de ces évaluations, en employant de gros chiffres, pour avertir qu'il y en a une autre.

C'est surtout pour les trains de marchandises à vitesse limitée que les deux derniers modes d'évaluation de la charge limite ont été employés, et lorsque cette charge est déterminée à la fois par le nombre de véhicules et le le nombre de tonnes, un véhicule ne représente pas 10 tonnes, comme nous l'avons admis, mais 7 tonnes au plus, ce qui ne fait qu'accroître relativement l'action de la machine et du tender sur le train proprement dit, pour en déterminer l'arrêt.

Dans les expressions que nous avons précédemment établies, N_0 représente le nombre de véhicules du train qui peuvent être maîtrisés par l'excédant des moyens d'arrêt que possèdent la machine et le tender. La façon la plus directe et la plus logique de calculer le nombre *n* de freins à placer dans un train de N véhicules, ou in-

versement, pour en assurer l'arrêt dans les conditions prévues, consisterait donc à faire abstraction de N_0 véhicules et à freiner le reste dans la proportion indiquée par le coefficient k qui ne dépend que de la déclivité et de la vitesse maxima permise, en appliquant la formule

$$n = k(N - N_0),$$

étant entendu qu'en cas de double attelage, la valeur de N_0 serait la somme des deux nombres de véhicules que les deux machines peuvent maîtriser.

Or, N_0 ne varie pas seulement avec le coefficient k de freinage, il varie aussi avec le type de machine employé; il en résulte que, soit qu'on calcule n en fonction de N, ou N en fonction de n, on arrive à des chiffres qui diffèrent suivant le type de la machine.

On a toujours cherché, en vue de simplifier le service et les recherches des agents, à établir une règle uniforme indépendante du type de la machine employée. L'étude détaillée, que résume notre tableau du nombre des freins à placer dans les trains, montre que cette solution transactionnelle et essentiellement pratique peut être adoptée sans inconvénient, parce que les machines qui ont le moins de poids adhérent sont celles qui ne peuvent remorquer que les charges les plus faibles; nous avons, comme il a été déjà dit, choisi pour cette étude quatre machines de l'Ouest à quatre et à six roues accouplées des types les plus faibles et les plus forts; nous avons laissé de côté les machines à roues libres qui ont à peu près disparu sur le réseau.

Je me suis proposé d'examiner en détail si les trains seraient suffisamment freinés dans les conditions prévues par la compagnie dans ses propositions primitives; cette étude nous permettra de justifier les modifications qui ont été définitivement apportées à ces propositions.

Pour que le freinage soit suffisant, il faut que les va-

leurs de N_1, N_2, N_3, N_4, N' et N'' soient supérieures aux valeurs de Np proposées.

On verra que ces conditions sont toujours pratiquement satisfaites et même souvent très largement avec les valeurs N_A définitivement adoptées à la place de Np, sauf en ce qui concerne le deuxième genre de dérive; on n'a pas toujours, en effet :

$$N_p < N'' \quad \text{ni} \quad N_A < N'',$$

surtout quand le train ne comporte que deux freins et que l'on suppose le coefficient d'adhérence égal à 0,104, ou $\frac{1}{10}$ environ, comme nous l'avons fait.

Mais, comme on le verra, la condition $N_A < N''$ serait pratiquement satisfaite dans tous les cas, avec les valeurs qui ont été définitivement adoptées pour N_A, si l'on prenait pour le coefficient d'adhérence $\frac{1}{7}$ au lieu de $\frac{1}{10}$.

Or, souvent ce coefficient atteint effectivement $\frac{1}{7}$. D'autre part, la rupture d'attelage derrière le fourgon de tête n'est guère à craindre, et pour mon compte je n'en connais pas d'exemple. En outre, les ruptures d'attelage pourraient surtout se produire dans les trains de marchandises très chargés, lesquels renferment toujours des freins à main, et alors les conducteurs pourraient facilement, quand le train n'aurait plus qu'une faible vitesse, en descendre pour abattre les freins dont il s'agit et déterminer l'arrêt. J'ajoute que le freinage définitivement adopté n'est pas inférieur à celui qui est en usage sur les autres réseaux français.

Pour nous assurer si les conditions que nous venons d'annoncer sont remplies, nous aurons à passer en revue les différentes cases de notre tableau; mais nous devons préalablement faire connaître comment il a été tenu

compte des limites de charge d'une machine d... déterminé, pour les différentes vitesses et les ... déclivités.

Il est nécessaire pour cela de se reporter au tabl... que nous annexons également à la présente note... est extrait de l'ordre de service de la compagnie... charges limites des machines des divers types pour diverses séries de déclivités et de vitesses ... ou de tracé :

1° *Déclivités de* 0,000 *à* 0,010.

Le tableau des freins répartit les vitesses norm... de tracé en trois séries :

α) 80 à 51km; β) 50 à 36km; γ) 35 à 20km.

Dans chaque série, les valeurs de N_1, N_2, N_3 et ... été calculées pour la valeur maxima de W. Dans cha... série aussi on a choisi les charges limites qui cor... pondent à la valeur maxima de W, autant que la ... majorée $\frac{3}{2}$W n'était pas interdite.

Ainsi dans la série β, on a choisi la charge ... correspondant à $W = 50$; dans la série γ, la ... limite correspondant à $W = 35$; mais dans la ... comme la vitesse limite absolue de 80 kilomètres ... plique à des valeurs de W qui descendent ... 53 kilomètres, c'est la charge limite correspon... $W = 53$ kilomètres que nous avons adoptée, parce ... c'est la plus grande de toutes celles que l'on p... choisir et dont la considération sera toujours exacte ... les divers cas que nous aurons à examiner.

2° *Déclivités supérieures à* 0,010.

Pour les déclivités de cette catégorie, le tableau des freins répartit également les vitesses normales ou de tracé W en trois séries, mais limitées autrement, savoir :

α) 60 à 41^{km}; β) 40 à 31^{km}; γ) 30 à 20^{km}.

Pour les séries β et γ on a adopté la charge limite qui correspond à la valeur maxima de W, c'est-à-dire à 40 kilomètres pour β et à 30 kilomètres pour γ, parce que la vitesse majorée peut s'élever à $\frac{3}{2}W$; mais pour la série α, comme la vitesse majorée est en tous cas limitée à 60 kilomètres et que la vitesse de tracé peut descendre jusqu'à 41 kilomètres, on a pris, en principe, la charge limite correspondant à $W = 41$ kilomètres, c'est-à-dire la plus forte de celles qui pouvaient se présenter.

Passons maintenant en revue les différentes cases de notre tableau des freins à placer dans les trains.

Case A_α. — La condition à remplir s'exprime par la relation

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,\ N',\ N'',$$

on voit facilement qu'elle est satisfaite sauf que l'on n'a pas

$$N_p < N_2,$$

pour $n = 4$ et $n = 5$; mais pour ces valeurs de n, qui supposent plus de 15 véhicules, le train doit être en double attelage et les valeurs écrites de N_2 doivent être augmentées de la valeur N_0 qui dans la case A_α correspond, pour le type de la machine d'adjonction, à la valeur $n = 0$; alors la condition précédente se trouve remplie.

Les valeurs de N_4 ne figurent d'ailleurs pas d… case A_α, comme dans toutes les autres de la col… attendu que les machines auxquelles se rappor… valeurs de N_4 ne doivent être employées qu'à la … des trains dont la vitesse normale ne dépasse pas … lomètres.

Case A_β. — Les conditions requises sont rempli… $n = 1$ et $n = 2$: elles le sont aussi pour $n = 3$… remarque que le train aura dû être mis en double … avant que N_1, N_2, N_3 atteigne les valeurs pour le… trois freins sont suffisants.

Pour $n = 4$, la condition requise est remplie par l… N_3, en ayant égard au double attelage, en ce qui…

$$N_p < N_1 + N_0 \quad \text{et} \quad N_p < N_3 + N_0,$$

Elle ne paraît pas l'être pour N_2, attendu que … égal à 4, on a $N_2 + N_0 = 31.400$, et que N_p est égal … mais il faut remarquer que pour les machines … deuxième série la charge limite est de 15 voitures … par suite un train remorqué par deux machines de … série ne saurait contenir plus de 30 véhicules. La … dition requise est donc en réalité remplie. Encore … ajouter que la compagnie de l'Ouest n'admet pas … charge d'un train en double attelage atteigne la … des charges maxima que chaque machine pourr… morquer isolément.

Les machines de la quatrième série doivent être … visagées pour certains cas auxquels s'applique la case … puisque ces machines peuvent être employées pour … valeurs de W s'élevant jusqu'à 38 kilomètres et que … la case considérée W peut descendre jusqu'à 36 … mètres.

La charge maxima d'une machine de la quatrième s… sur des déclivités de 0,000 à 0,005 est de 48 véhicu… un train de 32 véhicules (limite prévue dans la case…

ne sera donc jamais en double attelage et la condition requise c'est-à-dire

$$N_p < N_4,$$

ne paraît plus remplie pour $n = 4$.

Mais il ne faut pas perdre de vue qu'en établissant les chiffres de notre tableau nous nous sommes toujours placés dans les circonstances les plus défavorables à tous égards, de façon à obtenir pour N_1, N_2, N_3 et N_4 les plus petites valeurs que puissent recevoir ces quantités. En conséquence avant de déclarer que la valeur de N_4 qui correspond à $n = 4$ révèle un freinage insuffisant, il est utile de se reporter à la manière dont elle a été établie.

Les valeurs de N_4 ont été calculées pour $W = 50$ et $V = 75$, ce qui est excessif pour les machines de la quatrième série, attendu que pour ces machines, W ne peut dépasser 38 et que par suite V ne peut dépasser 57. Or calculons N_4 pour $V = 60$, c'est-à-dire pour une vitesse déjà exagérée :

Nous devrons prendre $\frac{1}{k} = 5.464$ ce qui nous donnera

$$10N_0 = 52\left(\frac{1}{k} - 1\right) = 52 \times 4,464 = 232,128,$$

d'où

$$N_0 = 23,213,$$

et pour $n = 4$, nous aurons

$$N_4 = N_0 + \frac{4}{k} = 23,213 + 21,856 = 45,069,$$

et comme nous supposons N_p au plus égal à 32, la condition $N_p < N_4$ est donc remplie quand on donne à N_4 sa véritable valeur.

D'autre part, on voit facilement que les conditions $N_p < N'$ et $N_p < N''$ sont toujours remplies.

Case A_γ. — Toutes les conditions voulues sont remplies si l'on tient compte du double attelage.

Case B_α. — Les valeurs de N_4 ne figurent pas dans cette case, puisque les machines de la quatrième série ne peuvent pas être employées pour les vitesses auxquelles se rapportent les chiffres de cette case.

Pour les autres séries de machines les conditions requises sont toutes remplies si l'on tient compte du double attelage.

Case B_β. — Il y a lieu d'examiner en détail les chiffres de cette case.

La condition $N_p < N_1$ est remplie pour $n = 1$; elle ne l'est plus pour $n = 2$ attendu que la charge maxima pour une machine est de 14 véhicules, alors que l'on a seulement, d'après le tableau $N_1 = 13.698$; mais la différence ou la légère insuffisance de freinage qui se présente ici a d'autant moins d'importance en pratique, que la charge limite d'hiver n'est que de 13 véhicules et qu'il serait logique de la considérer plutôt que celle d'été, vu qu'elle est beauceup plus en rapport avec la faible valeur du coefficient d'adhérence que nous avons employée.

La condition $N_p < N_1$ est satisfaite pour $n = 3$ si l'on a égard à ce que le train est alors en double attelage; on doit admettre qu'elle l'est aussi pratiquement pour $N = 4$, puisqu'alors on est en double attelage, que la limite de charge est égale à $N_1 + N_0$, par suite à 27.396 et que le train ne peut contenir théoriquement que 28 véhicules, qu'en pratique il ne les contiendra jamais, d'après la règle précédemment rappelée que l'on observe sur le réseau de l'Ouest.

La condition $N_p < N_2$ est toujours remplie si l'on tient compte du double attelage et de ce que la charge maxima ne peut dépasser 22 véhicules.

La condition $N_p < N_3$ est toujours satisfaite, si l'on

tient compte du double attelage, sauf pour $n = 4$; alors le tableau donne pour le nombre de véhicules qui peuvent être placés dans le train $N_4 + N_0$ soit 31.866, tandis que N_p pouvait théoriquement être alors égal à 32, mais outre que la différence entre ces deux chiffres est insignifiante, on n'admettrait pas en pratique sur le réseau de l'Ouest, comme je l'ai déjà dit, que le nombre des véhicules du train en double attelage fût porté jusqu'à 32, c'est-à-dire jusqu'au double de la limite de charge d'une seule machine.

Comme dans la case A_β, les valeurs de N_4 dans la case B_β ont été calculées en supposant $W = 50$ et $V = 75$; or, pour les machines de la quatrième série, W est limité à 38 et V à 57; nous allons calculer N_4 en supposant $V = 60$.

Nous devrons faire pour cela :

$$\frac{1}{k} = 4{,}292,$$

ce qui nous donnera

$$10 N_0 = 52\left(\frac{1}{k} - 1\right) = 52 \times 3{,}292 = 171{,}184,$$

d'où

$$N_0 = 17{,}118.$$

Nous aurons donc pour les valeurs de N_4 correspondant aux diverses valeurs de n, les valeurs inscrites dans le tableau suivant, en faisant $N_4 = N_0 + \frac{n}{k}$:

n	N_4
0	17.118
1	21.410
2	25.702
3	29.994
4	34.286

La comparaison de ces valeurs de N_4 réduites à leur

minimum réellement possible, montre que la condition $N_p < N_4$ est toujours remplie.

Les conditions $N_p < N'$ et $N_p < N''$ sont d'ailleurs toujours également satisfaites.

Case B γ. — Les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,$$

sont toujours satisfaites, comme on s'en assure facilement, si l'on tient compte du double attelage et des maxima de charge.

La condition $N_p < N'$ est aussi toujours remplie; mais la condition $N_p < N''$ serait au contraire toujours assez loin d'être satisfaite; elle le serait à peu de chose près si on portait, comme nous avons indiqué qu'on pouvait raisonnablement le faire, la valeur du coefficient d'adhérence f de 0,104 à $\frac{1}{7}$; toutefois il resterait encore une petite insuffisance pour $n = 2$, attendu que la formule ne donnerait dans ce cas pour N'' que la valeur 21, 41, tandis que N_p peut s'élever jusqu'à 24.

Nous ne pensons pas, néanmoins, en raison du peu de probabilité du deuxième genre de dérive, et pour les motifs déjà exposés à ce sujet, qu'il y ait lieu de modifier le freinage prévu; j'ajouterai d'ailleurs qu'en ce qui concerne les cases B_β et B_γ le freinage prévu n'est jamais inférieur à celui qui était antérieurement usité, que, même, pour certains cas, il a été un peu augmenté. Les chiffres inscrits dans ces deux cases sont, d'ailleurs, parmi ceux que nous avons passés en revue jusqu'ici, ceux qui remplissent le moins largement les conditions requises; nous indiquerons plus loin la conclusion que l'on peut tirer de cette remarque.

Pour les déclivités supérieures à 0,010, nous ferons remarquer tout d'abord que les valeurs prévues pour N_p croissent proportionnellement à n, c'est-à-dire au nombre

des freins placés dans le train, à partir de $n=2$, de sorte qu'en principe il suffira de s'assurer que la condition

$$N_p < N_1, N_2, N_3, N_4,$$

est remplie jusqu'à la limite de charge d'une machine.

Case C_α. — Nous n'aurons pas plus que précédemment à discuter les valeurs de N_4 qui ne figurent pas dans cette case, attendu que les machines de la quatrième série ne doivent être employées que pour les trains dont la vitesse de tracé est au plus égale à 38 kilomètres et que la case C_α ne concerne que les trains pour lesquels cette même vitesse est au moins égale à 41 kilomètres.

Quant aux conditions $N_p < N_1, N_2, N_3$, elles seraient dans tous les cas satisfaites, avec les chiffres primitivement proposés par la compagnie et d'après lesquels on attribuait un frein pour quatre véhicules, ou, pour autrement dire, on fixait le freinage au quart $\left(\frac{1}{4}\right)$.

Remarquons que la condition $N_p < N_1, N_2, N_3$ serait encore largement remplie, jusqu'à la limite de charge d'une machine, si l'on adoptait le freinage au $\frac{1}{5}$, en faisant :

$$\text{pour} \quad n = 1,\ 2,\ 3,\ 4,\ 5,$$
$$N_p = 3,\ 10,\ 15,\ 20,\ 25.$$

Remarquons, en outre, que ces valeurs atténuées que nous venons d'indiquer pour N_p et qui ont été définitivement adoptées (*), permettent, comme on le verra plus loin, de rendre beaucoup plus simples les règles que le personnel doit appliquer.

Ajoutons que ces mêmes valeurs atténuées de N_p

(*) Voir le tableau V.

satisfont largement aux conditions

$$N_p < N', N''.$$

Case C_β. — La condition :

$$N_p < N_1, N_2, N_3, N_4,$$

est satisfaite jusqu'aux limites de charge d'une [illegible]

Les conditions $N_p < N'$ et $N_p < N''$ le sont [illegible] aussi :

Le freinage avait été prévu et a été [illegible] arrêté au $\frac{1}{6}$, soit un frein pour 6 véhibules; il [illegible] pu être abaissé à $\frac{1}{7}$, bien que l'on n'eût plus [illegible] tisfait complètement à la condition $N_p < N''$, pour [illegible] mais cette condition aurait été remplie largemen[illegible] l'hypothèse très admissible d'une valeur de $\frac{1}{[illegible]}$ [illegible] coefficient d'adhérence.

Case C_γ. — Les conditions

$$N_p < N_1, N_2, N_3, N_4,$$

sont très largement remplies avec le freinage [illegible] a été prévu; elles le serait encore avec un [illegible] au $\frac{1}{8}$; mais on s'éloignerait de plus en plus de la [illegible] tion $N_p < N''$, qui n'est déjà pas entièrement [illegible] pour $n = 2$; il n'y aurait eu pratiquement du reste [illegible] inconvénient à réduire le freinage, comme on [illegible] l'indiquer; car on se serait encore maintenu au [illegible] de vue des éventualités de dérive dans d'aussi [illegible] conditions que celles que nous avons déjà admises. [illegible] moins, on a cru devoir maintenir le nombre de [illegible] primitivement prévu.

Si les freinages prévus pour les déclivités de 0,010 à 0,012 sont encore forts en général, ils sont très notablement plus faibles que ceux qui étaient antérieurement en usage, ainsi qu'on le voit en comparant les valeurs correspondantes de N_p et de N_a; cette réduction a pu être obtenue, grâce surtout à l'établissement de la coupure de 0,010 à 0,012 dans les déclivités, laquelle n'existait pas antérieurement.

Cases D_α et D_β. — Les freinages primitivement prévus pour ces deux cases sont identiques, on voit facilement que les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,\ N',$$

sont largement remplies jusqu'au delà des limites de charge; quant à la condition $N_p < N''$, elle ne l'est pas tout à fait pour $n = 2$, puisqu'alors on a $N_p = 10$ et $N'' = 9{,}333$; mais l'écart n'a pas d'importance et la condition dont il s'agit sera très largement remplie si on suppose au coefficient d'adhérence la valeur $\frac{1}{7}$.

Rappelons d'ailleurs que, dans la case D_α, les valeurs de N_4 ne figurent pas.

Case D_γ. — Les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,\ N',$$

sont encore très largement remplies; mais la condition $N_p < N''$ n'est pas satisfaite pour $n = 2$ et même pas tout à fait pour $n = 3$; mais elle le deviendra si l'on suppose au coefficient d'adhérence la valeur $\frac{1}{7}$.

En résumé, pour les trois cases D_α, D_β, D_γ qui se rapportent aux déclivités de 0,012 à 0,015, les freinages prévus sont très notablement inférieurs à ceux qui étaient antérieurement en usage, ainsi qu'on le voit en comparant les valeurs correspondantes de N_p et de N_a.

Pour les déclivités supérieures à 0,015, l'ordre de service relatif aux limites de charge pour une machine ne donne plus ces limites qu'en tonnes et ces limites ne paraissent, dans la plupart des cas, au-dessous de ce que l'on peut admettre, même en se ménageant un grand surcroît de sécurité; elles devraient donc être revisées d'autant plus qu'il n'est pas admissible que, pour les mêmes séries de vitesses, ces limites restent identiques pour des déclivités qui varient de 0,015 à 0,030.

Dans ce motif, je n'ai pas cru devoir faire usage des limites de charge qu'indique l'ordre de service pour les déclivités supérieures à 0,015 et j'ai admis, bien que ce soit très excessif, dans ce qui va suivre, les limites de charge qui correspondent à la déclivité de 0,015 pour toutes les déclivités supérieures.

Cases E_β et E_γ. — Les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,$$

sont toujours remplies jusqu'à la limite de charge des machines.

La condition $N_p < N'$ n'est pas tout à fait remplie, mais l'écart est insignifiant.

La condition $N_p < N''$ est loin d'être satisfaite, et bien que l'importance de cette condition soit assez faible, puisque les dérives du second genre sont peu à redouter, nous avons proposé de relever le freinage prévu dans les cases E_β et E_γ en le portant du $\frac{1}{6}$ au $\frac{1}{5}$ (*) et alors la condition $N_p < N''$ se trouvera à peu près satisfaite dans tous les cas, si l'on suppose au coefficient d'adhérence la valeur $\frac{1}{7}$ au lieu de 0,104.

Une exception se présente seulement pour $n = 2$; mais

(*) Voir le tableau V.

outre que, dans ce cas, une dérive est infiniment peu probable, en raison du peu de charge du train, le chiffre correspondant de N''_1, 9,41 est bien voisin du chiffre proposé 10.

Le relèvement que nous avons proposé est d'autant plus explicable que la compagnie n'avait prévu pour les cas auxquels se rapportent les chiffres des cases E_β et E_γ qu'un freinage juste égal à la moitié de celui qui était usité antérieurement.

Case F_γ. — Les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,\ N',$$

sont toujours satisfaites, mais la condition $N_p < N''$ l'est d'autant moins que n est plus petit. Pour qu'elle le devienne avec la valeur du coefficient d'adhérence portée à $\frac{1}{7}$, il faut réduire d'une unité toutes les valeurs prévues au tableau pour N_p, sauf celle qui correspond à $n = 1$; on arrive ainsi rigoureusement à un freinage au quart, légèrement inférieur à celui qui était en usage antérieurement. Et encore la condition $N_p < N''$ n'est-elle pas tout à fait réalisée pour $n = 2$; mais il s'en faut de bien peu de chose, N'' étant égal à 7,49 au lieu de 8.

Case G_γ. — Les conditions

$$N_p < N_1,\ N_2,\ N_3,\ N_4,\ N',$$

sont largement satisfaites; la condition $N_p < N''$ ne l'est pas pour $n = 2$ et même pas tout à fait pour $n = 3$ avec un coefficient d'adhérence égal à 0,104; mais elle le devient pour une valeur de ce coefficient égal à $\frac{1}{7}$.

Il est à remarquer que les freinages prévus dans la case G_γ sont supérieurs à ceux antérieurement usités dans les mêmes conditions, contrairement à ce qui arrive pour les freinages prévus dans les cases que nous avons précédemment examinées.

Nous avons déjà fait remarquer qu'un train freiné rigoureusement pour la pente maxima qu'il doit rencontrer peut ne pas l'être assez pour des pentes plus faibles que, dans bien des cas, il rencontrera sur son parcours; de sorte que, pour qu'un train soit suffisamment freiné, il doit l'être non seulement pour la pente maxima de la ligne qu'il doit parcourir, mais encore pour toutes les pentes inférieures. En conséquence, lorsque, dans une case du tableau, on serait conduit à inscrire un freinage inférieur à celui déjà inscrit dans une case précédente de la même colonne, et par conséquent pour les mêmes vitesses de tracé, on devra substituer les chiffres de cette case à ceux que donnerait le calcul, de façon que le freinage indiqué pour la plus forte pente suffise en tous les points du parcours du train.

A cet égard, le tableau primitivement adopté par la compagnie présentait deux anomalies.

La première se présentait entre les cases C_α et D_α relative toutes deux à des vitesses de tracé comprises entre 60 et 41 kilomètres. La première de ces cases se rapporte à des pentes de 0,010 à 0,012 sur lesquelles il aurait eu un freinage au 1/4, tandis que la seconde se rapporte à des pentes de 0,015 à 0,020 pour lesquelles on ne prévoyait qu'un freinage au 1/5. Dans le tableau approuvé, le freinage a été sur ma proposition abaissé au 1/5 dans la case C_α comme dans la case D_α (*), ce qui est très justifié, comme je l'ai montré précédemment, et ainsi a disparu l'anomalie que je viens de signaler.

La deuxième anomalie se présentait pour les vitesses de tracé de 40 à 31 kilomètres et consistait en ce que le freinage était prévu au 1/6 sur les pentes de 0,010 à 0,012 (case C_β) et sur celles de 0,015 à 0,020 (case D_β

(*) Voir le tableau V.

andis qu'il était prévu au 1/5 sur les pentes intermédiaires de 0,012 à 0,015 (case D_β).

Le freinage au 1/6 remplit toutes les conditions voulues dans la case C_β et il n'y a pas lieu de le modifier. Pour faire disparaître l'anomalie, il faut donc où abaisser du 1/5 au 1/6 le freinage sur les pentes de 0,012 à 0,015 (case D_β), ou relever au 1/5 le freinage sur les pentes de 0,015 à 0,020 (case E_β).

L'abaissement du freinage au 1/6 dans la case D_β est très admissible, car toutes les conditions requises seront remplies, sauf que l'on n'aura pas $N_p < N''$ pour $n = 2$ ni même rigoureusement pour $n = 3$; mais on se trouverait absolument à cet égard dans la même situation que celle qui résulte des chiffres de la case D_γ, puisque les mesures à prévoir contre l'éventualité de la dérive ne dépendent pas de la vitesse de tracé du train et d'ailleurs la condition $N_p < N''$ se trouve satisfaite, comme nous l'avons déjà montré, si l'on porte à $\frac{1}{7}$ la valeur du coefficient d'adhérence.

Pour ces motifs, nous avons donc ramené le freinage du 1/5 au 1/6 dans la case D_β (*). Il n'y avait rien de plus à faire pour faire disparaître l'anomalie signalée: néanmoins, nous avons cru devoir dans les cases E_β et E_γ, relever comme nous l'avons déjà indiqué, le freinage du 1/6 au 1/5 (*), afin que la condition $N_p < N''$ fût toujours pratiquement satisfaite en attribuant la valeur $\frac{1}{7}$ au coefficient d'adhérence.

Pour le même motif, ainsi que nous l'avons déjà expliqué, nous avons diminué d'une unité les valeurs de N_p dans la case F_γ (sauf pour $n = 1$) (*), en vue de satisfaire

(*) Voir le tableau V.

dans la même mesure à la condition $N_p < N''$ et à ob... pour tous les cas le freinage au 1/4.

Toutes ces modifications aux propositions pri... de la compagnie ont été arrêtées d'accord avec e... elles ont été introduites dans le tableau de l'ordre... service définitivement approuvé par l'administr... elles font disparaître les anomalies que nous av... gnalées dans le tableau primitif et rendent les pres... tions du nouvel ordre de service d'une application... coup plus simple et plus sûre.

Nous croyons devoir rappeler que le nouvel or... néral concernant le nombre des freins à placer dans... trains ne modifie les règles suivies antérieurement... sur des points de détail, et, généralement dans le... d'un léger relèvement du freinage, en tant qu'i... des déclivités au plus égales à 0,010. Pour les décl... supérieures à 0,010, les nouvelles règles indiquent... général, un moins grand nombre de freins que les... ciennes, tout en satisfaisant aux conditions de la s... rité, ce qui montre que ces dernières étaient exce...

Maintenant on peut légitimement se demander c... valent les formules mêmes que nous avons appli... quand elles dépendent de certains coefficients d... valeurs sont peu certaines ou varient pour les ci... tances exceptionnelles entre des limites très é... ainsi qu'il arrive pour le coefficient d'adhérence.

Je n'hésite pas pour mon compte à penser que ... mules n'ont surtout qu'une valeur de comparaison... là j'entends que lorsque leur mérite a été sanctionné... l'expérience, dans un certain nombre de cas, on peut... appliquer avec confiance à des cas nouveaux.

Or, ces formules indiquent que, pour les déclivités s... périeures à 0,010, le freinage prévu par le nouvel o... général est notablement plus fort relativement que ...

prévu sur les déclivités égales ou inférieures à 0,010 pour lesquelles l'expérience a montré que le freinage ancien, que l'on ne modifie pas, que l'on augmente plutôt, était pratiquement suffisant. Dans ces conditions, j'estime que l'on doit admettre en toute confiance les freinages indiqués par le nouvel ordre général.

D'après une prescription de ce nouvel ordre général, on doit toujours placer dans les trains munis du frein continu le nombre de freins à vis indiqué dans le tableau, en vue de l'éventualité où le frein continu viendrait à cesser de fonctionner. On ne fait garder qn'un seul frein à vis quand le train ne contient pas plus de huit véhicules et deux freins, celui de tête et celui d'arrière, quand le train contient plus de huit véhicules.

Par suite, si le frein continu vient à cesser de fonctionner, le train n'aura généralement pas le nombre de freins à vis gardés suffisant pour pouvoir continuer à marcher aux vitesses prévues et il ne devra circuler qu'à une vitesse réduite, jusqu'au point où l'on pourra le pourvoir du nombre nécessaire de gardes-freins.

Cette vitesse réduite est indiquée dans un tableau spécial du nouvel ordre général et j'avais reconnu que les chiffres inscrits dans cė tableau assurent très convenablement la sécurité. Cette vérification est très simple; elle consiste à examiner sur le tableau général qui donne le nombre des freins qui devraient être gardés, si un ou deux freins suffisent quand on suppose que le train ne marche pas à une vitesse supérieure à la vitesse réduite indiquée dans le tableau spécial dont nous venons de parler.

Le nouvel ordre général relatif aux freins contient en outre diverses dispositions que nous indiquerons rapidement.

La compagnie avait proposé primitivement de compter

pour un frein une machine d'adjonction, attelée en tête du train; elle y a renoncé avec raison, attendu que cette deuxième machine doit, comme la première, contribuer à l'arrêt des véhicules du train, si le double attelage a été motivé par la charge du train.

Par contre, lorsque la machine d'adjonction, placée en queue du train, pousse ce train pour monter une rampe, elle sera comptée pour deux freins. En pareil cas, en effet, il y a surtout à craindre la dérive et nos formules montrent que la machine d'adjonction équivaut alors largement à deux freins.

Dans les trains munis du frein continu en bon état de fonctionnement, le dernier frein à vis gardé doit se trouver sur l'un des quatre derniers véhicules dans les pentes et rampes ne dépassant pas 10 millimètres par mètre et sur l'un des deux derniers véhicules dans les pentes et rampes supérieures à 10 millimètres, à la condition que le frein continu fonctionne sur les véhicules placés en arrière du garde-frein et que ces véhicules ne contiennent pas de voyageurs. Si le frein continu vient à cesser de fonctionner en cours de route, le dernier frein gardé doit être placé en queue à la première gare où la manœuvre est possible.

Dans les trains de toute nature, non munis du frein continu, il doit toujours y avoir un frein sur l'un des deux derniers véhicules dans les pentes et rampes ne dépassant pas 10 millimètres par mètre et un frein sur le dernier véhicule dans les pentes ou rampes dépassant 10 millimètres, excepté cependant dans le cas où l'on aurait à mettre en circulation un véhicule à réparer dont l'attelage fût défectueux d'un côté.

Enfin, dans les rampes supérieures à 5 millimètres par mètre, si le train comporte plus de deux freins gardés, le dernier tiers du train doit contenir au moins deux gardes-freins et la deuxième moitié au moins la moitié du nom-

bre des freins gardés; cette dernière disposition, en partie empruntée au règlement de l'Est, a été ajoutée sur ma proposition.

La précédente réglementation est devenue ainsi plus stricte que celle de plusieurs autres compagnies.

Nota. — Les trois ordres généraux que nous venons d'examiner sont, comme nous l'avons exposé, essentiellement connexes et doivent par suite reposer sur des bases concordantes.

Je dois donc signaler une légère discordance, d'une part, entre l'ordre général relatif à la distance à réserver entre les signaux avancés et leurs poteaux de limite de protection, et, d'autre part, l'ordre général relatif au nombre de freins à placer dans les trains.

Dans le premier de ces ordres généraux, on a supposé que sur les pentes de 0,000 à 0,010 les trains étaient toujours freinés pour une pente de 0,010; mais dans le second, on a admis pour les pentes de 0,000 à 0,005 un freinage plus faible que pour les pentes de 0,005 à 0,010; or, la différence n'existe qu'en ce qui concerne les trains tracés aux vitesses les plus faibles, c'est-à-dire aux vitesses de 35 à 20 kilom., et pour les trains de cette nature, les distances prévues entre les signaux avancés et leurs poteaux de limite de protection sont bien supérieures à celles qui seraient nécessaires si les trains étaient toujours freinés pour une pente de 0,10; j'ai vérifié qu'elles sont encore suffisantes lorsqu'ils ne sont freinés que pour une pente de 0,005.

Il y a évidemment là un détail qui n'est pas correct en théorie, mais qu'il n'y avait aucun intérêt à rectifier au point de vue pratique.

En terminant, je tiens à rappeler encore les larges emprunts que j'ai faits dans cette étude aux études antérieures de MM. Thoyot et Pol Lefèvre.

OBSERVATIONS FINALES.

Le tableau III modifié par le tableau V et qui nous a permis de déterminer le nombre de freins à introduire dans un train en tenant compte à la fois, du profil de la voie, de la vitesse de tracé du train, de la limitation de la vitesse sur la voie et du type de machine employé, pourra toujours servir à l'examen de la même question, si la compagnie de l'Ouest, comme cela est probable, revise dans un avenir peu éloigné le tableau des charges limites des machines de chaque type, pour les divers cas qui peuvent se présenter.

C'est parce qu'une réforme de ce dernier tableau nous paraît désirable, que les chiffres, qui y sont actuellement inscrits, doivent être modifiés, au moins pour les lignes à fortes déclivités, que nous avons tenu à ne pas faire dépendre de ces chiffres les valeurs de N (N_1, N_2, N_3, N_4), N′, N″ que nous avons inscrits dans le tableau III; du reste pour les lignes dont nous venons de parler, nous avons toujours déterminé les nombres de freins en nous plaçant dans des hypothèses telles que ces nombres ne seront vraisemblablement jamais insuffisants.

D'autre part je ferai remarquer que l'établissement du tableau III ne demande pas autant de peine qu'on pourrait le supposer à première vue, attendu que dans chaque case les valeurs de N, N′, N″ s'obtiennent très simplement dès qu'on a obtenu celle de la première ligne de la case.

Néanmoins je vais faire connaitre comment on pourrait procéder d'une autre manière, en apparence au moins plus simple, et qui pourrait peut-être quelquefois être utilement employée, soit pour une vérification, soit pour s'assurer que les nombres de freins adoptés pour les types de machines en usage, suffiraient ou non pour un type de machines nouveau.

Les valeurs de N, N′, N″, nombres sur la nature desquels il est inutile de revenir, sont données par les relations :

$$N = N_0 + \frac{n}{k},$$

$$N' = \frac{n}{k_0},$$

$$N'' = \frac{n-1}{k_0} + 1 \quad \text{ou} \quad N'' - 1 = \frac{n-1}{k_0}.$$

Supposons maintenant que l'on désigne par N_u, N'_u, N''_u, les valeurs de $\frac{N}{n}, \frac{N'}{n}, \frac{N''}{n}$, de telle sorte que N_u, N'_u, N''_u

représentent les nombres moyens de véhicules que l'on peut introduire dans le train pour un frein.

Si l'on veut appliquer dans la pratique pour ces rapports des valeurs constantes, on devra adopter les plus petites valeurs que puissent donner les relations précédentes, de telle sorte qu'on soit sûr de n'avoir jamais trop de véhicules pour le nombre de freins que le train renferme.

Or la première des relations précédentes peut s'écrire

$$k(N - N_0) = n,$$

ou

$$1 = \frac{n}{k(N - N_0)},$$

En multipliant les deux membres par $\frac{N}{n}$ il vient :

$$N_u = \frac{N}{n} = \frac{N}{k(N - N_0)}.$$

Il résulte de là que la valeur minima de N_u correspond à la valeur maxima de N, c'est-à-dire à la charge maxima N_α que peut remorquer une machine, suivant le profil et dans les limites de vitesse données; si donc dans l'expression précédente de N_u on remplace N par N_α, on obtient pour la valeur minima de N_u

$$N_u = \frac{N_\alpha}{k(N_\alpha - N_0)}.$$

Telle est la valeur de N_u ou de $\frac{N}{n}$ qui ne devra pas être dépassée pour que le train puisse être arrêté dans tous les cas et dans la distance voulue en pleine voie.

La quantité N'_u relative au premier genre de dérive est égale à :

$$N'_u = \frac{N'}{n} = \frac{1}{k_0}.$$

sa valeur est donc indépendante de la composition du train et de la machine qui le remorque.

La quantité N''_u, relative au second genre de dérive, a pour expression :

$$N''_u = \frac{N''}{n} = \frac{1}{k_0} - \frac{1}{n}\left(\frac{1}{k_0} - 1\right).$$

Comme $\frac{1}{k_0} - 1$ est positif, il en résulte que la plus petite valeur de N''_u correspondra à la plus petite valeur de n, c'est-à-dire à $n = 2$; on devra donc prendre :

$$N''_u = \frac{N''}{n} = \frac{1}{k_0} - \frac{1}{2}\left(\frac{1}{k_0} - 1\right) = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{k_0} + 1\right).$$

Les valeurs de N_u, N'_u, N''_u étant ainsi calculées, la plus petite d'entre elles indiquera le nombre maximum de véhicules que l'on peut placer dans le train pour un frein, si l'on veut remplir à la fois les conditions requises pour déterminer l'arrêt en pleine voie dans la distance convenue et en outre éviter la production de la dérive dans les deux cas précédemment examinés, si une rupture d'attelage vient à se produire.

Il conviendra d'adopter toujours pour calculer N_u et N'_u les valeurs de k et de k_0 qui correspondent à un coefficient d'adhérence égal à 0,104, soit environ $\frac{1}{10}$ et qui sont inscrites dans nos tableaux; mais on pourra, en pratique, pour les raisons que nous avons données et pour ne pas exagérer sans utilité sérieuse le nombre des freins, se contenter de calculer N''_u, ainsi que nous l'avons fait, en admettant la valeur de k_0 qui correspond à un coefficient d'adhérence égal à $\frac{1}{7}$.

Tels seraient les procédés que l'on pourrait suivre si

l'on voulait se dispenser d'établir pour chaque type de machines notre tableau III; mais je ne crois pas qu'ils puissent en tenir lieu avantageusement.

Et d'abord il est difficile d'arrêter nettement et invariablement pour un type de machine les charges limites N_α, dont les valeurs dépendent du profil et de la vitesse des trains et sont données par coupures qui n'ont rien d'immuable.

En second lieu, en calculant N par la formule

$$N = \frac{N_\alpha \times n}{k(N_\alpha - N_0)},$$

où N est proportionnel à n, on obtient pour N des valeurs inférieures à celles que donne la formule rationnelle

$$N = N_0 + \frac{n}{k},$$

et l'on peut être conduit dans certains cas à freiner le train notablement plus qu'il n'est nécessaire pour en assurer l'arrêt en pleine voie.

Du reste si l'on se reporte à la figure intercalée dans ce rapport, on verra qu'en employant la première formule, on prend pour N les ordonnées de la droite ON_α, tandis qu'en employant la seconde on prend pour N les ordonnées, évidemment plus grandes, pour une même valeur de n, du contour polygonal $O N_0 N'_\alpha$; aussi dans certains cas la compagnie de l'Ouest a-t-elle renoncé à la règle de proportionnalité, malgré l'attrait de simplicité qu'elle pouvait offrir pour le personnel.

Enfin en se basant sur la valeur de N''_u calculée pour $n = 2$, on n'envisage que les trains les moins chargés, qui sont ceux où les ruptures d'attelage sont le moins à redouter, et si la règle de freinage adoptée n'est pas tout à fait suffisante pour répondre à la valeur de N''_u trouvée pour $n = 2$, elle pourra le devenir pour des valeurs plus

grandes de n, c'est-à-dire pour les trains plus chargés qui doivent plus attirer l'attention.

En résumé si les méthodes de calcul simples exposées dans ces observations finales ont l'apparence d'être préférables aux méthodes que j'ai suivies, il est facile de reconnaître qu'elles ne fournissent pas des ressources d'investigation aussi complètes et d'un usage aussi général. A ne baser les règles que l'on doit suivre que sur des maxima ou des minima, corrects assurément, mais ne fournissant que des renseignements restreints, on risque de sortir des conditions pratiques qui demandent que l'on discute à fond des cas variés, que l'on examine les conditions des trains à faibles et à fortes charges, que l'on s'assure d'éléments de comparaison assez complets pour permettre d'adopter dans l'application les transactions optimes. Aussi si j'avais à examiner les conséquences de l'introduction sur le réseau de l'Ouest d'un type de machine nouveau, je n'hésiterais pas à lui faire sa place dans le tableau III joint à cette note et je ne croirais pas devoir me borner à demander aux formules que j'ai exposées en dernier lieu des moyens d'appréciation qu'elles ne me donneraient peut-être pas.

J'ai dit tout à l'heure que dans l'application des règles générales indiquées au cours de cette note, il convient d'admettre parfois ce que j'ai appelé des transactions légitimes; on risquerait en effet de n'arriver à rien de pratique, ou de tomber dans l'excès, si l'on tenait à ce que les règles générales dussent toujours et sans aucun tempérament satisfaire à des cas exceptionnels qui ne pourraient se présenter que par suite du concours de plusieurs circonstances toutes spéciales. Il convient toutefois de s'assurer que l'application de ces règles générales répondra, à quelque chose de négligeable près

aux cas exceptionnels que nous venons de viser; je vais m'expliquer par un exemple.

Le nombre des freins a été déterminé en supposant que la vitesse des trains ne pouvait dépasser 60 kilomètres sur les pentes de 0,010 à 0,012 et 50 kilomètres sur les pentes de 0,012 à 0,015; on a même, comme on l'a vu, pour plus de sécurité, majoré de 10 kilomètres ces deux vitesses limites en effectuant les calculs, c'est-à-dire qu'on a supposé que les trains pouvaient accidentellement marcher à 70 kilomètres sur les pentes de 0,010 à 0,012 et à 60 kilomètres sur les pentes de 0,012 à 0,015.

Telles sont les données sur lesquelles la règle générale a été établie; mais on a vu au premier paragraphe de cette note que par exception (*) les trains pouvaient marcher à la vitesse de 80 kilomètres sur les pentes de 0,010 à 0,012 dont la longueur n'atteint pas 1.000 mètres, et sur les pentes de 0,012 à 0,015 dont la longueur n'atteint pas 600 mètres. On peut donc se demander si dans ces cas exceptionnels, le train freiné d'après la règle générale, c'est-à-dire pour une vitesse de 80 kilomètres et une pente maxima de 0,010, le sera encore d'une manière acceptable en pratique.

Le train, en cas de signal d'arrêt, devant pouvoir s'arrêter après un parcours de 800 mètres compté à partir de la position du signal qui lui est adressé, le cas le plus aigu qui puisse se présenter est celui où ces 800 mètres se composeraient de 600 mètres en pente de 0,015 et de 200 mètres en pente de 0,012, ce qui équivaudrait à une pente moyenne de $\frac{0,012 \times 2 + 0,015 \times 6}{8} = 0,01425$ sur la longueur totale de 800 mètres.

(*) Il importe de remarquer que cette exception n'est pas applicable entre les limites de protection des signaux avancés des gares où les arrêts sont beaucoup plus fréquents qu'en pleine voie.

Si l'on calcule le coefficient k de freinage de l'ensemble du train pour une vitesse de 80 kilomètres et une pente de 0,01425, on trouve :

$$k = 0{,}4075 \quad \text{et} \quad \frac{1}{k} = 2{,}453.$$

Le nombre N de véhicules que le train pourra comporter, pour un nombre n de freins placés dans le train proprement dit, se calcule, comme on l'a vu, par la relation

$$N = N_0 + \frac{n}{k}.$$

N_0 étant le nombre de véhicules dont l'arrêt peut être déterminé par le surcroît du freinage de la machine et de son tender ; pour les trois premiers types de machines que nous avons examinés et qui seuls sont supposés pouvoir atteindre la vitesse maxima de 80 kilomètres (encore le troisième type est censé ne pouvoir atteindre que la vitesse maxima de 78 kilomètres) (*), on obtient pour N_0 la valeur qui dans le tableau suivant correspond à $n = 0$

n	N_1	N_2	N_3	N_A
0	5,157	4,486	6,974	[illegible]
1	7,610	6,939	9,427	3
2	10,063	9,392	11,880	[illegible]
3	12,516	11,845	14,330	13
4	14,969	14,298	16,786	[illegible]
	12v	10v	16v	

N_A indique les valeurs adoptées pour N, et pour tous les types de machines.

(*) Ainsi que l'indique une note du tableau IV, les machines du 3e type ne doivent être employées que pour les trains dont la vitesse normale de trajet ne dépasse pas 52 kilom.

Pour chacun des types auxquels correspondent les valeurs de N_1, N_2, N_3, on a indiqué au bas de chaque colonne le nombre de véhicules qui représente la charge maxima en été de la machine sur une pente de 0,010 et pour une vitesse maxima de 80 kilomètres ; en hiver cette charge est diminuée d'un véhicule.

Pour le premier type de machines, N_1 reste supérieur à N_A pour $n=1$ et $n=2$; quand le nombre des véhicules dépasse 10, on doit mettre trois freins qui peuvent maîtriser 12 véhicules, et si le nombre des véhicules dépasse 12, il faut recourir au double attelage ; les valeurs de N_1 inscrites au tableau doivent alors être augmentées de N_0, dans l'espèce de 5,157, et on reconnaît que le freinage sera suffisant jusqu'à 22 véhicules 1/2 ; on ne dépassera d'ailleurs jamais 23 véhicules et même d'après les pratiques de la compagnie de l'Ouest on n'ira pas jusqu'à ce chiffre, surtout en hiver où la charge limite de la machine est réduite à 11 véhicules.

Pour le deuxième type de machines, en tenant compte de ce que l'on devra ajouter une deuxième machine si le nombre des véhicules dépasse 10, on ne trouve qu'une légère insuffisance pour $n=2$, puisque l'on a $N_A=10$ et $N_2=9.392$; il y aurait donc 3/5 de véhicule de trop dans le train ; c'est une insuffisance qui mérite d'autant moins qu'on s'y arrête qu'en hiver la charge limite est réduite à 9 véhicules. En double attelage le freinage serait suffisant à peu près jusqu'à 19 véhicules, chiffre qui ne sera jamais dépassé.

Pour le troisième type, si l'on a égard au double attelage qui doit avoir lieu au delà de 16 véhicules, il n'y aurait d'insuffisance que pour le cas de 15 véhicules, cas qui n'exige que trois freins, lesquels ne peuvent d'après le tableau maîtriser que 14 véhicules 1/3. C'est encore là une insuffisance négligeable qui disparaîtrait d'ailleurs, si on calculait N_3 d'après la vitesse maxima réelle de

78 kilomètres, car on trouverait alors 15,074 au lieu de 14,330.

On voit donc que même dans le cas tout à fait défavorable que nous venons d'examiner et qui ne saurait se rencontrer que par suite d'un concours de circonstances tout à fait exceptionnelles, le freinage prévu est en pratique entièrement acceptable et aucun doute ne peut surtout subsister à cet égard si l'on se rappelle qu'il y a placé des causes d'arrêt, comme la résistance de l'air, l'action des freins pendant leur serrage, dont nous n'avons pas tenu compte dans nos calculs.

TABLEAU I.

TABLEAU DES DISTANCES A RÉSERVER ENTRE LES SIGNAUX AVANCÉS ET LEUR POTEAU DE LIMITE DE PROTECTION.

Observation. — Dans chaque colonne et sur la même ligne horizontale, on a, en général, inscrit deux chiffres : le premier est le chiffre que donnent les formules indiquées dans la note ; le second est celui que la Compagnie a adopté. Quand un seul chiffre est inscrit, c'est celui de la Compagnie, l'autre lui étant évidemment inférieur.

DÉCLIVITÉS moyennes		VITESSE non limitée sur la voie (maxima 80k)	VITESSE LIMITÉE SUR LA VOIE : 60 kilomètres	50 kilomètres	40 kilomètres	30 kilomètres
(1)		(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	millimètres	mètres	mètres	mètres	mètres	mètres
Pentes	20	»	»	»	800 — 800	632 — 800
	19	»	»	»	739 — 750	574 — 700
	18	»	»	»	688 — 700	526 — 650
	17	»	»	»	643 — 650	486 — 600
	16	»	»	»	604 — 600	451 — 600
	15	»	800 — 800	800 — 800	800 — 800	632 — 650
	14	»	768 — 800	757 — 750	739 — 750	574 — 600
	13	»	739 — 750	718 — 750	688 — 700	526 — 600
	12	»	800 — 800	»	800 — 800	632 — 650
	11	»	768 — 800	»	739 — 750	574 — 600
	10	800 — 800	800 — 800	»	726 — 800	465 — 650
	9	775 — 800	768 — 800	»	676 — 750	432 — 600
	8	752 — 750	739 — 750	»	633 — 700	405 — 600
	7	732 — 750	711 — 700	»	594 — 650	380 — 600
	6	710 — 700	686 — 700	»	560 — 600	600
	5	690 — 700	662 — 650	»	530 — 600	600
	4	672 — 700	640 — 600	»	502 — 600	600
	3	654 — 650	620 — 600	»	478 — 600	600
	2	638 — 650	600 — 600	»	457 — 600	600
	1	622 — 650	582 — 600	»	436 — 600	600
Palier	0	607 — 600	565 — 600	»	418 — 600	600
Rampes	1	593 — 600	549 — 550	»	400 — 550	500
	2	579 — 600	534 — 550	»	550	500
	3	566 — 600	520 — 550	»	500	450
	4	554 — 550	506 — 500	»	500	450
	5	542 — 550	493 — 500	»	500	450
	6	530 — 550	481 — 500	»	450	400
	7	519 — 550	469 — 500	»	450	400
	8	509 — 500	458 — 500	»	450	400
	9	499 — 500	447 — 450	»	450	400
	10	489 — 500	437 — 450	»	450	400
	11	479 — 500	427 — 450	»	400	400
	12	470 — 500	418 — 450	»	400	400
	13	461 — 500	409 — 400	»	400	400
	14	453 — 450	401 — 400	»	400	400
	15	445 — 450	393 — 400	»	400	400
	16	438 — 450	400	»	400	400
	17	431 — 450	400	»	400	400
	18	423 — 450	400	»	400	400
	19	416 — 450	400	»	400	400
	20	410 — 400	400	»	400	400
	21	403 — 400	400	»	400	400
	22	397 — 400	400	»	400	400

TABLEAU II

TABLEAUX DES VALEURS DU COEFFICIENT DE FREINAGE k ET DE SON INVERSE $\frac{1}{k}$.

Tableau des valeurs de $k = \frac{p}{P}$.

V	$\frac{0,0047\,V^2}{100}$	I =	5	10	12	15	20	25	30	[illegible]
		$\frac{I-3,6}{100}$ =	0,014	0,064	0,084	0,114	0,164	0,214	[illegible]	[illegible]
kilom.										
80	0,301	»	0,315	0,365						
75	0,264	»	0,278	0,328						
70	0,230	»	0,244	0,294	0,314					
65	0,199	»	0,213	0,263	0,283					
60	0,169	»	0,183	0,233	0,253	0,283				
55	0,142	»	0,156	0,206	0,226	0,256				
52,5	0,130	»	0,144	0,194	0,214	0,244				
50	0,117	»	0,131	0,181	0,201	0,231	0,281			
45	0,095	»	0,109	0,159	0,179	0,209	0,259			
40	0,075	»	0,089	0,139	0,159	0,189	0,239	0,289	[illegible]	[illegible]
35	0,058	»	0,072	0,122	0,142	0,172	0,222	0,272	[illegible]	[illegible]
30	0,042	»	0,056	0,106	0,126	0,156	0,206	0,256	[illegible]	[illegible]
Dérive $k_0 = \frac{I-3}{100}$ =			0,02	0,07	0,09	0,12	0,17	0,22	[illegible]	[illegible]

Tableau des valeurs de $\frac{1}{k} = \frac{P}{p}$.

V	5	10	12	15	20	25	30	[illegible]
kilom.								
80	3,175	2,740						
75	3,600	3,049						
70	4,100	3,401	3,185					
65	4,695	3,802	3,533					
60	5,464	4,292	3,952	3,533				
55	6,410	4,806	4,425	3,906				
52,5	6,944	5,154	4,673	4,098				
50	7,633	5,525	4,975	4,328	3.558			
45	9,174	6,290	5,586	4,780	3,861			
40	11,236	7,194	6,290	5.291	4,184	3,460	2,950	[illegible]
35	13,890	8,196	7,042	5,814	4,504	3,676	3,105	[illegible]
30	17,857	9,434	7,936	6,410	4,806	3,906	[illegible]	[illegible]
Dérive $\frac{1}{k_0}$ =	50,00	14,286	11,111	8,333	5,882	4,545	3,704	[illegible]

TIENNENT, LA VITESSE A LAQUELLE ILS PEUVENT CIRCULER, LE PROFIL DE LA VOIE, LE TYPE DES MACHINES (POUR QUATRE TYPES SEULEMENT).

Propositions primitives de la Compagnie.

Déclivités ne dépassant pas 0,010.

	n	α $W = 80$ à 51, $V = 80$, $\frac{1}{k} = 3,175$.						β $W = 50$ à 36, $V = 75$, $\frac{1}{k} = 3,600$.						γ $W = 35$ à 20, $V = 52,5$, $\frac{1}{k} = 6,944$.						$N' = 50n$	$N'' = 1 + 50(n-1)$	$N''_1 = 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
		N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a			
A. — Pentes ou rampes de 0,000 à 0,005.	0	8,117	7,012	10,440	»	»	»	9,860	8,500	12,480	13,520	»	»	23,570	19,402	28,531	30,908					
	1	11,292	10,187	13,615	»	3	»	13,460	12,100	16,080	17,120	3	»	30,514	26,346	35,475	37,852	3	»	50		
	2	14,467	13,362	16,790	»	10	10	17,060	15 700	19,680	20,720	15	15	37,458	33,290	42,419	44,796	30	24	100	51	72
	3	17,642	16,537	19,965	»	15	15	20,660	19,300	23,280	24,320	24	24	44,402	40,234	49,363	51,740	45	40	150	101	115
	4	20,817	19,712	23,140	»	20	20	24,260	22,900	26,880	27,920	32	40	51,348	47,178	56,307	58,684	60	50	200	151	215
	5	23,992	22,887	26,315	»	24	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	250	201	276
	»	16v	13v	19v	»	»	»	17v	15v	19v	48v	»	»	30v	24v	38v	48v					
	n	$W = 80$ à 51, $V = 80$, $\frac{1}{k} = 2,740$.						$W = 50$ à 36, $V = 75$, $\frac{1}{k} = 3,649$.						$W = 35$ à 20, $V = 52,5$, $\frac{1}{k} = 5,154$.						$N' = 14,286\,n$	$N'' = 1 + 14,286(n-1)$	$N''_1 = 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
		N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a			
B. — Pentes ou rampes de 0,0051 à 0,0010.	0	6,334	5,490	8,352	»	»	»	7,600	6,571	9.835	10,654	»	»	16,231	13,939	19,939	21,600					
	1	9,074	8,230	11,092	»	3	»	10.649	9,620	12,884	13,703	3	»	21,385	19,093	25,093	26,754	3	»	14,286		
	2	11,814	10,970	13,832	»	10	10	13.698	12,669	15,933	16,752	15	15	26,539	24,247	30,247	31,908	24	24	28,572	15,286	21,41
	3	14,514	13,710	16,572	»	15	15	16,747	15,768	18,982	19,801	24	24	31,693	29,401	35,401	37,062	37	40	42,850	29,572	41,82
	4	17,294	16,450	19,312	»	20	20	19,796	18,757	22,031	22,850	32	40	36,847	34,555	40,555	42,216	50	50	57,144	43,850	62,21
	5	20,034	19,190	22,052	»	24	24	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	71,450	58,144	82,63
	»	12v	10v	16v	»	»	»	14v	11v	16v	36v	»	»	26v	17v	28v	36v					

Déclivités supérieures à 0,010.

C. — Pentes ou rampes de 0,0101 à 0,012.

n	α: W = 60 à 41, V = 70, $\frac{1}{k}$ = 3,185. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	β: W = 40 à 31, V = 60, $\frac{1}{k}$ = 3,952. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	γ: W = 30 à 20, V = 45, $\frac{1}{k}$ = 5.586. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	$N' = 11,111\,n$	$N'' = 1 + 11,111(n-1)$	$N''_1 = 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
0	8,158	7,047	10,488	»	»	»	11,303	9,732	14,170	15,350	»	»	18,003	15,451	22,013	23,847					
1	11,343	10,232	13,673	»	3	»	15,255	13,684	18,122	19,302	3	»	23,589	21,037	28,599	29,433	3	»	11,111		
2	14,528	13,417	16,858	»	8	6	19,207	17,636	22,074	23,254	12	6	29,175	26,623	34,185	35,019	14	10	22.222	12,111	16,87
3	17,713	16,602	20,043	»	12	9	23,159	21,588	26,026	27,206	18	9	34,761	32,209	39,771	40,605	21	16	33,333	23,222	32,74
4	20,898	19,787	23,228	»	16	12	27,111	25,540	29,978	31,158	24	12	40,347	37,795	45,357	46,191	28	22	44,444	34,333	48,61
5	24,083	22,972	26,413	»	20	15	31,063	29,492	33,930	35,110	30	15	45,933	43,381	50,943	51,777	35	28	55,555	45,444	64,47
					etc.	etc.					etc.	etc.					etc.	etc.			
»	15ᵛ	13ᵛ	18ᵛ	»	»	»	15ᵛ	13ᵛ	18ᵛ	32ᵛ	»	»	26ᵛ	22ᵛ	25ᵛ	40ᵛ					

D. — Pentes ou rampes de 0,0121 à 0,015.

n	α: W = 60 à 41, V = 60, $\frac{1}{k}$ = 3,533. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	β: W = 40 à 31, V = 60, $\frac{1}{k}$ = 3,533. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	γ: W = 30 à 20, V = 45, $\frac{1}{k}$ = 4,780. N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	$N' = 8,333\,n$	$N'' = 1 + 8,333(n-1)$	$N''_1 = 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
0	9,585	8,265	12,158	»	»	»	9,585	8,265	12,158	13,172	»	»	14,698	12,630	18,144	19,656					
1	13,118	11,798	15,691	»	3	»	13,118	11,798	15,691	16,705	3	»	19,478	17,410	22,924	24,436	3	»	8,333		
2	16,651	15,331	19,224	»	10	6	16,651	15.331	19,224	20,238	10	6	24,256	22,190	27,704	29,216	12	10	16,666	9,333	12,90
3	20,184	18,864	22,757	»	15	9	20,184	18,364	22,757	23,771	15	9	29,038	26,970	32,484	33,996	18	16	24,999	17,666	24,81
4	23,717	22,397	26,290	»	20	12	23,717	22,397	26,290	27,304	20	12	33,818	31,750	37,264	38,776	24	22	33,332	25,999	36,71
5	27,250	25,930	29,823	»	25	15	27,250	25,930	29,823	30,837	25	15	38,598	36,530	42,044	43,556	30	28	41,665	34,332	48,61
					etc.	etc.					etc.	etc.					etc.	etc.			
»	12ᵛ	10ᵛ	14ᵛ	»	»	»	12ᵛ	10ᵛ	14ᵛ	24ᵛ	»	»	18ᵛ	15ᵛ	25ᵛ	26ᵛ					

n							β: W = 40 à 31, V = 50, $\frac{1}{k}$ = [illegible] N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	γ: W = 30 à 20, V = 45, $\frac{1}{k}$ = [illegible] N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a	N' = [illegible]	N'' = 1 [illegible]	N''_1 = 1 [illegible]
[illegible]							[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

TABLEAU III. — **Déclivités supérieures à 0,010.** (*Suite.*)

	n	α						β						γ						N'	N''	N''_1
														W = 30 à 20, V = 40, $\frac{1}{k}$ = 3,460.						$= 4{,}545\,n$	$= 1 + 4{,}545(n-1)$	$= 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
														N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a			
F. — Pentes ou rampes de 0,0201 à 0,025.	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	9,376	8,010	11,808	12,792					
	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	12,836	11,470	15,268	16,252	3	»	4,545		
	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16,296	14,930	18,728	19,712	9	5	9,090	5,545	7,49
	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	19,75	18,390	22,188	23,172	13	10	13,635	10,090	13,98
	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	23,216	21,850	25,648	26,632	17	15	18,180	14,635	20,48
	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	26,676	25,310	29,108	30,092	21	20	22,725	19,180	26,97
																		etc.	etc.			
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	65^t	45^t	85^t	110^t					
	n													W = 30 à 20, V = 40, $\frac{1}{k}$ = 2,950.						$N' = 3{,}704\,n$	$N'' = 1 + 3{,}704(n-1)$	$N''_1 = 1 + \frac{10}{7}(N''-1)$
														N_1	N_2	N_3	N_4	N_p	N_a			
G. — Pentes ou rampes de 0,0251 à 0,030.	0	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	7,195	6,225	9,360	10,140					
	1	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	10,145	9,175	12,310	13,090	3	»	3,704		
	2	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	13,095	12,125	15,260	16,040	6	5	7,408	4,704	6,29
	3	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	16,045	15,075	18,210	18,990	9	10	11,112	8,408	11,58
	4	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	18,995	18,025	21,160	21,940	12	15	14,816	12,112	16,87
	5	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	21,945	20,975	24,110	24,890	15	20	18,520	15,816	22,16
	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	65^t	45^t	85^t	110^t					

TABLEAU IV

EXTRAIT DE L'ORDRE DE SERVICE DONNANT LES LIMITES [illegible] POUR LES DIVERSES VITESSES ET DÉCLIVITÉS ET QUATRE [illegible] MACHINES DE LA COMPAGNIE DE L'OUEST.

Déclivités de 0,000 à 0,010.

DÉCLIVITÉS	W = 60 à 51 — 53 kilom. (α) Véhicules Été	Hiver	W = 50 à 36 — 50 kilom. (α) Véhicules Été	Hiver	Tonnes	W = 35 à 30 — 35 kilom. (α) Véhicules	Tonnes
Machines 800 (4 roues accouplées).							
5	16	14	17	16	»	30	210
10	12	11	14	13	»	26	170
Machines 281 à 311 (4 roues accouplées).							
5	13	12	15	14	»	24	150
10	10	9	12	11	»	17	115
Machines 1.471 à 1.522 (1) (6 roues accouplées).							
5	»	»	19	18	»	38	245
10	»	»	16	15	»	28	190
Machines 2.000 (2) (6 roues accouplées).							
5	»	»	»	»	»	48	320
10	»	»	»	»	»	36	240

(1) Jusqu'à 52 kilom. inclus.
(2) Jusqu'à 38 kilom. inclus.

(α) Vitesses auxquelles correspondent les charges limites indiquées dans le

Déclivités supérieures à 0,010.

…LI- …ÉS	60 A 41 KILOM. (β)			40 A 31 KILOM. (β)			30 A 20 KIL. (β)		20 KILOM.	
	Véhicules		Tonnes	Véhicules		Tonnes	Véhicules	Tonnes	Véhicules	Tonnes
	Été	Hiver		Été	Hiver					
Machines 800 (4 roues accouplées).										
2	15	14	»	15	14	»	26	175	30	190
5	12	11	»	12	11	»	18	110	18	115
0	»	»	50	»	»	50	»	65	»	75
5	»	»	50	»	»	50	»	65	»	75
0	»	»	50	»	»	50	»	65	»	75
Machines 281 à 311 (4 roues accouplées).										
2	13	12	»	13	12	»	22	140	24	150
5	10	9	»	10	9	»	15	85	15	90
0	»	»	35	»	»	35	»	45	»	50
5	»	»	»	»	»	»	»	45	»	50
0	»	»	»	»	»	»	»	45	»	50
Machines 1.471 à 1.522 (6 roues accouplées).										
2	18	16	»	18	16	»	35	225	35	240
5	14	12	»	14	12	»	25	150	24	160
0	»	»	70	»	»	70	»	85	»	95
5	»	»	»	»	»	»	»	85	»	95
0	»	»	»	»	»	»	»	85	»	95
Machines 2.000 (6 roues accouplées).										
2	»	»	»	32	»	220	40	265	45	285
5	»	»	»	24	»	160	28	185	30	200
0	»	»	»	»	»	100	»	110	»	120
5	»	»	»	»	»	100	»	110	»	120
0	»	»	»	»	»	100	»	110	»	120

β) Les charges limites adoptées correspondent à la vitesse de 41 kilom. pour la série et aux vitesses respectives de 40 et 30 kilom. pour les deux séries suivantes.

TABLEAU V

TABLEAU DES NOMBRES MAXIMA DE VÉHICULES N_p ET N_A [illegible]
DANS UN TRAIN COMPORTANT UN NOMBRE DÉTERMINÉ DE [illegible]

N_p propositions primitives de la Compagnie.
N_A nombres définitivement arrêtés par le contrôle d'accord avec la Compagnie.

Déclivités ne dépassant pas 0,010.

	n	α VITESSE NORMALE de 80 à 51		β VITESSE NORMALE de 50 à 36	
		N_p	N_A	N_p	N_A
A. — Pentes ou rampes de 0,000 à 0,005.	1	3	3	3	3
	2	10	10	15	15
	3	15	15	24	24
	4	20	20	32	32
	5	24	24		
B. — Pentes ou rampes de 0,005 à 0,010.	1	3	3	3	3
	2	10	10	15	15
	3	15	15	24	24
	4	20	20	32	32
	5	24	24		

Déclivités supérieures à 0,010.

	n	α VITESSE NORMALE de 60 à 41		β VITESSE NORMALE de 40 à 31	
		N_p	N_A	N_p	N_A
C. — Pentes ou rampes de 0,010 à 0,012.	1	3	3	3	3
	2	8	10	12	12
	3	12	15	18	18
	4	16	20	24	24
	5	20	25	30	30
D. — Pentes ou rampes de 0,012 à 0,015.	1	3	3	3	3
	2	10	10	10	12
	3	15	15	15	18
	4	20	20	20	24
	5	25	25	25	30
E. — Pentes ou rampes de 0,015 à 0,020.	1	»	»	3	3
	2	»	»	12	10
	3	»	»	18	15
	4	»	»	24	20
	5	»	»	30	25
F. — Pentes ou rampes de 0,020 à 0,025.	1	»	»	»	»
	2	»	»	»	»
	3	»	»	»	»
	4	»	»	»	»
	5	»	»	»	»
G. — Pentes ou rampes de 0,025 à 0,030.	1	»	»	»	»
	2	»	»	»	»
	3	»	»	»	»
	4	»	»	»	»
	5	»	»	»	»

CHEMINS DE FER DE L'OUEST

40e ANNEXE A L'ORDRE GÉNÉRAL N° 4

OBJET :
Nombre minimum de freins et de conducteurs garde-freins à placer dans les trains.

Paris, le 20 juin 1889.

L'article 13 de l'Ordre général n° 4, fixant le nombre minimum de freins et de conducteurs garde-freins à placer dans les trains, est abrogé et remplacé par les dispositions suivantes :

TRAINS DE TOUTE NATURE.

Le nombre minimum des freins et des conducteurs garde-freins à placer dans les trains est fixé, pour chaque nature de train, conformément aux indications du tableau suivant :

I. — Déclivités ne dépassant pas $0^m,010$.

PENTES ou RAMPES	VITESSE NORMALE DES TRAINS					
	80 à 51 kilomètres		50 à 36 kilomètres		35 à 20 kilomètres	
	Nombre de véhicules	Nombre de freins et de conducteurs garde-freins	Nombre de véhicules	Nombre de freins et de conducteurs garde-freins	Nombre de véhicules	Nombre de freins et de conducteurs garde-freins
$0^m,0000$ à $0^m,005$	1 à 3 4 à 10 11 à 15 16 à 20 21 à 24	1 2 3 4 5	1 à 3 4 à 15 16 à 24 25 à 32	1 2 3 4 ou 5 freins gardés par 3 conducteurs	1 à 3 4 à 30 31 à 45 46 à 60	1 2 3 4 ou 5 freins gardés par 3 conducteurs
$0^m,0051$ à $0^m,010$	1 à 3 4 à 10 11 à 15 16 à 20 21 à 24	1 2 3 4 5	1 à 3 4 à 15 16 à 24 25 à 32	1 2 3 4 ou 5 freins gardés par 3 conducteurs	1 à 3 4 à 24 25 à 37 38 à 50	1 2 3 4 ou 5 freins gardés par 3 conducteurs

II. — Déclivités supérieures à $0^m,010$.

PENTES ou RAMPES	VITESSE NORMALE DES TRAINS					
	60 à 41 kilomètres		40 à 31 kilomètres		30 à [illegible]	
	Nombre de véhicules	Nombre de freins et de conducteurs garde-freins	Nombre de véhicules	Nombre de freins et de conducteurs garde-freins	Nombre de véhicules	[illegible]
$0^m,0101$ à $0^m,012$	1 à 3 4 à 10 11 à 15 et ainsi de suite, en ajoutant un frein par 5 véhicules ou fraction de 5 véhicules.	1 2 3	1 à 3 4 à 12 13 à 18 et ainsi de suite, en ajoutant un frein par 6 véhicules ou fraction de 6 véhicules.	1 2 3	1 à 3 4 à [illegible] 15 à [illegible] et ainsi [illegible] ajoutant [illegible] 7 véhicules [illegible] tion [illegible]	[illegible]
$0^m,0121$ à $0^m,015$	1 à 3 4 à 10 11 à 15 et ainsi de suite, en ajoutant un frein par 5 véhicules ou fraction de 5 véhicules.	1 2 3	1 à 3 4 à 12 13 à 18 et ainsi de suite, en ajoutant un frein par 6 véhicules ou fraction de 6 véhicules.	1 2 3	1 à [illegible] 4 à [illegible] 13 à [illegible] et ainsi [illegible] ajoutant [illegible] 6 véhicules [illegible] tion [illegible]	[illegible]
$0^m,0151$ à $0^m,020$			1 à 3 4 à 10 11 à 15 et ainsi de suite, en ajoutant un frein par 5 véhicules ou fraction de 5 véhicules.	1 2 3	1 à [illegible] 4 à [illegible] 11 à [illegible] et ainsi [illegible] ajoutant [illegible] 5 véhicules [illegible] tion [illegible]	[illegible]
$0^m,0201$ à $0^m,025$					1 à [illegible] 4 à [illegible] 9 à [illegible] et ainsi [illegible] ajoutant [illegible] 4 véhicules [illegible] tion [illegible]	[illegible]
$0^m,0251$ à $0^m,030$ et au-dessus.					1 à 3 4 à 6 7 à 9 et ainsi [illegible] ajoutant [illegible] 3 véhicules [illegible] tion de [illegible]	[illegible]

Par exception, les trains de marchandises ou de mat[illegible] ne parcourant pas plus de 5 kilomètres et ne marchan[illegible] une vitesse de plus de 20 kilomètres à l'heure peuvent [illegible] que soit leur composition, n'avoir qu'un seul frein gar[illegible]

inclinaisons de 0m,010 et au-dessous et que deux freins gardés sur les inclinaisons supérieures à 0m,010.

S'il s'agit de trains de marchandises, les nombres de freins fixés dans le tableau ci-dessus impliquent que tous les wagons entrant dans la composition de ces trains sont chargés; mais, si un train de cette nature contient du matériel vide, le nombre de véhicules doit être calculé en comptant deux wagons vides comme un wagon chargé.

Dans les trains de marchandises, tout wagon à frein monté par un garde-frein doit, pour compter comme un frein, être chargé ou lesté à 4 tonnes, toutefois, deux wagons vides à frein peuvent être substitués à un wagon chargé ou lesté, à la condition de les placer de manière que leurs deux freins puissent être manœuvrés par le même garde-freins.

Les freins des machines ne seront pas comptés, sauf dans le cas où une *machine de renfort pousse* en queue pour *monter une rampe;* elle doit alors être comptée pour *deux freins*, sans que le nombre des freins gardés par des conducteurs puisse être inférieur à deux.

TRAINS MUNIS DU FREIN CONTINU.

Un *train est considéré comme muni du frein continu*, lorsque ce frein fonctionne sur les *deux tiers au moins des véhicules* composant ce train.

Dans les *trains munis du frein continu*, la *proportion* ci-dessus déterminée *des véhicules à frein à vis doit toujours être observée*. Mais il suffit que le *frein d'arrière seul soit gardé* dans les trains dont la composition *n'excède pas* 8 *véhicules*, et que le *frein de tête* et le *frein d'arrière* soient *seuls gardés*, si la composition *dépasse* 8 *véhicules*.

Si l'emploi du frein continu doit être suspendu en cours de route pour une cause quelconque et *si le train n'a pas le nombre de freins à vis gardés prescrit* par le tableau ci-dessus, le conducteur-chef avise de cette situation le mécanicien. Il lui fait connaître la *vitesse maximum* à observer, eu égard au nombre de freins gardés dont le train est muni, et à la pente maximum que ce train peut rencontrer jusqu'au prochain arrêt. Pour déterminer cette vitesse le conducteur-chef devra se reporter au tableau ci-dessous :

NOMBRE de VÉHICULES	DÉCLIVITÉS						
	0 à 5^{mm}	6 à 10^{mm}	11 à 12^{mm}	13 à 15^{mm}	16 à [illegible]	[illegible]	[illegible]
	Trains munis d'un seul conducteur						
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	[illegible]	[illegible]
4 à 8	60	50	45	35	30	25	[illegible]
	Trains munis de deux conducteurs						
7 à 9	»	»	»	»	»	30	[illegible]
10 à 12	70	60	55	45	30	25	[illegible]
13 à 15	60	50	45	40	30	25	[illegible]
16 à 18	55	45	40	35	25	[illegible]	[illegible]
19 à 24	50	40	35	30	25	[illegible]	[illegible]
25 à 30	40	30	30	25	20	[illegible]	[illegible]

Ces vitesses sont des maximum que le mécanicien [illegible] jamais dépasser ; il devra, en outre, se conformer à [illegible] limitations de vitesse prescrites par les règlements, [illegible] instructions en vigueur et, dans tous les cas, redoubler [illegible] tion et de prudence.

Le train continue ainsi jusqu'à la gare où il pourra [illegible] du nombre réglementaire de garde-freins. Le conducteur [illegible] autorisé, d'ailleurs, à faire arrêter, dans ce but, le train [illegible] gare où le tableau de marche ne prévoit pas d'arrêt.

POSITION DES FREINS DANS LES TRAINS.

La position des freins dans les trains de toute nature [illegible] comme suit :

1° Dans les *trains* contenant des *voyageurs*, il doit [illegible] avoir un frein et un garde-freins à l'arrière de ou sur la [illegible] voiture contenant des voyageurs ;

2° Dans les *trains munis du frein continu* en bon état [illegible] tionnement, ce frein gardé doit se trouver sur un des [illegible] *niers véhicules*, dans les pentes et rampes ne dépassant [illegible] 0m,010, et sur un des *deux derniers véhicules*, dans les [illegible] rampes *supérieures* à 0m,010, à la condition que le frein [illegible] fonctionne sur les véhicules placés en arrière du garde-frein [illegible] que ces véhicules ne contiennent pas de voyageurs. Si le [illegible] continu vient à cesser de fonctionner en cours de route, le [illegible] nier frein gardé sera placé en queue à la première gare [illegible] manœuvre sera possible ;

3° Dans les *trains de toute nature*, non munis du frein continu, il doit toujours y avoir un frein sur l'un des deux derniers véhicules dans les pentes ou rampes ne dépassant pas $0^m,010$ et un frein sur le dernier véhicule dans les pentes ou rampes dépassant $0^m,010$, excepté cependant si l'on avait à mettre en circulation un véhicule à réparer dont l'attelage fût défectueux d'un côté. Ce véhicule doit, dans ce cas, être placé en queue du train, derrière le frein gardé. Dans les rampes supérieures à $0^m,005$, si le train comporte *plus de deux freins* gardés, *le dernier tiers* du train doit contenir au moins *deux garde-freins* et *la deuxième moitié au moins la moitié du nombre de freins gardés indiqué dans le tableau ci-dessus.*

CHEMINS DE FER DE L'OUEST

OBJET : Limitation de la vitesse des trains, eu égard aux conditions de la voie.

44° ANNEXE A L'ORDRE GÉNÉRAL N° 4

Paris, le 25 juillet 1889.

Les articles 31 à 33, de l'ordre général n° 4, déterminant les vitesses maxima que les trains et machines ne doivent pas dépasser sur certains parcours, en raison des conditions d'établissement de la voie, sont abrogés.

Ils sont remplacés par les dispositions suivantes :

LIMITATION A 60 KILOMÈTRES.

Art. 31. — La vitesse maximum que les mécaniciens ne doivent jamais dépasser est *fixée à 60 kilomètres à l'heure*, soit 1 kilomètre par minute :

1° Dans les courbes et contre-courbes se succédant sans alignements droits intermédiaires ou avec des alignements droits d'une longueur inférieure à 100 mètres;

2° Dans la descente des pentes consécutives supérieures à $0^m,010$, mais ne dépassant pas $0^m,012$ par mètre, et dont la longueur totale est égale ou supérieure à 1 kilomètre;

3° Dans la descente des pentes supérieures à 0,012, mais ne

dépassant pas 0,015 par mètre, d'une longueur inférieure à 1 kilomètre et supérieure à 600 mètres;

4° Entre les limites de protection et de répétition des signaux avancés, lorsque l'inclinaison moyenne du profil est une pente supérieure à 0^m,010, mais ne dépassant pas 0^m,012 par mètre.

LIMITATION A 50 KILOMÈTRES.

***Art.* 32. — La vitesse des trains ou machines est limitée à 50 *kilomètres à l'heure*, soit 5 kilomètres en 6 minutes:**

1° Dans la descente des pentes consécutives supérieures à 0^m,012, mais ne dépassant pas 0^m,015 par mètre, et dont la longueur totale est égale ou supérieure à 1 kilomètre;

2° Entre les limites de protection et de répétition des signaux avancés, lorsque l'inclinaison moyenne du profil est une pente supérieure à 0^m,012, mais ne dépassant pas 0^m,015 par mètre.

LIMITATION A 40 KILOMÈTRES.

***Art.* 32 *bis*. — La vitesse des trains ou machines est limitée à 40 *kilomètres à l'heure*, soit 2 kilomètres en 3 minutes:**

1° Dans les courbes de rayon inférieur à 500 mètres, mais supérieur à 300 mètres;

2° Dans la descente des pentes supérieures à 0^m,015, mais ne dépassant pas 0^m,020 par mètre;

3° Dans les gares en courbe où les appareils spéciaux ne permettent pas de donner à la voie le devers réglementaire.

LIMITATION A 30 KILOMÈTRES.

***Art.* 33. — La vitesse des trains est *limitée à 30 kilomètres à l'heure*, soit 1 kilomètre en 2 minutes :**

1° Dans les courbes d'un rayon de 300 mètres et au-dessous;

2° Dans la descente des pentes supérieures à 0^m,020 par mètre.

CHEMINS DE FER DE L'OUEST

OBJET :
Position des poteaux indicateurs et des signaux avancés.

1re ANNEXE A L'ORDRE GÉNÉRAL N° 5

Paris, le 20 juin 1889.

Pour l'application des prescriptions du chapitre Ier de l'ordre général n° 5, relatives à la position des poteaux indicateurs et des signaux avancés, on devra se conformer aux règles tracées dans les articles suivants :

Art. 1er. — L'article 21 du règlement général n° 1 détermine le côté de la voie sur lequel doivent être placés les signaux avancés.

Les distances, entre les signaux avancés et les poteaux indicateurs de leur limite de protection, seront *au moins* égales aux longueurs indiqnées dans le tableau ci-après, dressé en tenant compte du profil moyen (*) de la ligne et des limites de vitesse des trains fixées par le chapitre VII de l'ordre général n° 4.

(*) Le profil moyen de la ligne, pour un signal avancé, se détermine en prenant la moyenne des inclinaisons entre un point situé à 200 mètres en avant de ce signal et le poteau indicateur de sa limite de protection. Si l'on obtient des fractions de millimètres dans l'évaluation du profil moyen, on arrondira les résultats en comptant pour 1 millimètre toute fraction supérieure à $0^m,0005$.

TABLEAU

DES DISTANCES MINIMA ENTRE LES SIGNAUX AVANCÉS ET LES [illegible] INDICATEURS DE LEUR LIMITE DE PROTECTION.

DÉCLIVITÉS moyennes		VITESSE non limitée sur la voie (80 k.)	VITESSE LIMITÉE SUR LA VOIE A :			
			60 kilomètres	50 kilomètres	40 kilomètres	[illegible]
	millimètres	mètres	mètres	mètres	mètres	[illegible]
Pentes.	20	»	»	»	800	[illegible]
	19	»	»	»	750	[illegible]
	18	»	»	»	700	[illegible]
	17	»	»	»	650	[illegible]
	16	»	»	»	600	[illegible]
	15	»	800	800	800	[illegible]
	14	»	800	750	750	[illegible]
	13	»	750	750	700	[illegible]
	12	»	800	»	800	[illegible]
	11	»	800	»	750	[illegible]
	10	800	800	»	800	[illegible]
	9	800	800	»	750	[illegible]
	8	750	750	»	700	[illegible]
	7	750	700	»	650	[illegible]
	6	700	700	»	600	[illegible]
	5	700	650	»	600	[illegible]
	4	700	600	»	600	[illegible]
	3	650	600	»	600	[illegible]
	2	650	600	»	600	[illegible]
	1	650	600	»	600	[illegible]
Palier	0	600	600	»	600	[illegible]
Rampes.	1	600	550	»	550	[illegible]
	2	600	550	»	550	[illegible]
	3	600	550	»	500	[illegible]
	4	550	500	»	500	[illegible]
	5	550	500	»	500	[illegible]
	6	550	500	»	450	[illegible]
	7	550	500	»	450	[illegible]
	8	500	500	»	450	[illegible]
	9	500	450	»	450	[illegible]
	10	500	450	»	450	[illegible]
	11	500	450	»	400	[illegible]
	12	500	450	»	400	[illegible]
	13	500	400	»	400	[illegible]
	14	450	400	»	400	[illegible]
	15	450	400	»	400	[illegible]
	16	450	400	»	400	[illegible]
	17	450	400	»	400	[illegible]
	18	450	400	»	400	[illegible]
	19	450	400	»	400	[illegible]
20 et au-dessus		400	400	»	400	[illegible]

Art. 2. — Les signaux avancés seront placés de telle [illegible] *leur distance de visibilité* soit au moins de 400 *à* 500 [illegible] *cela est possible;* en aucun cas, *la distance de visibilité* [illegible] descendre au-dessous des minima déterminés par le [illegible] suivant, d'après la vitesse maxima à laquelle le signal [illegible] abordé.

VITESSE MAXIMA à laquelle le signal peut être abordé	DISTANCE MINIMA de visibilité du signal
80 kilomètres à l'heure........	270 mètres
60 — —	200 —
50 — —	185 —
40 — —	170 —
30 — —	150 —

Si le signal ne peut pas être placé de telle sorte qu'il ait la distance de visibilité ci-dessus fixée, il sera remédié à l'insuffisance de visibilité par l'installation à 500 mètres en avant du point visuel, d'un poteau de limitation de vitesse dont le chiffre sera déterminé, abstraction faite du profil, en prenant pour point de départ, dans le tableau précédent, la distance de visibilité immédiatement inférieure à celle constatée sur le terrain et en lisant en regard le chiffre de vitesse maxima du même tableau. Un signal de reprise de vitesse sera, dans ce cas, placé au droit du signal; toutefois, par dérogation à l'article 23 du règlement général n° 1, le piquet blanc prévu par cet article sera placé au point visuel.

La distance de visibilité ne compte que du point à partir duquel le *signal ne cesse pas d'être visible pour le mécanicien et le chauffeur* d'un train se dirigeant de ce point vers le signal.

DISPOSITION TRANSITOIRE.

Les signaux actuellement établis en conformité des prescriptions de l'ancien ordre de service général n° 221, reproduites dans les articles 1 à 3 de l'ordre général n° 5, ne seront modifiés que si les distances actuelles sont inférieures aux distances des tableaux ci-dessus de 1/10, en ce qui concerne l'article 1er, et de 1/5 en ce qui concerne l'article 2 de la présente annexe. En outre, sur les rampes supérieures à 0m,010 par mètre, la distance de 400 mètres, aujourd'hui prescrite entre le signal avancé et son poteau limite de protection, pourra être conservée.

INFLUENCE DE LA DISTANCE ET DU CHAMP DE VISIBILITÉ

SUR LA

PROBABILITÉ D'ÊTRE ATTEINT PAR UN PROJECTILE

DANS LE TIR DES ARMES A FEU
LES EXPLOSIONS DE COUPS DE MINES, LES PROJECTIONS
QUELCONQUES.

Par M. O. KELLER, Ingénieur en chef des mines.

Quand on tire des coups de fusil ou de canon, qu on fait partir des coups de mine, quand une explo lieu, quand des objets quelconques sont projetés, les p sonnes placées dans un certain rayon courent le ris d'être frappées, alors même qu'elles ne seraient nulleme visées et que les projectiles seraient lancés au hasard.

Dans ce cas, on est porté d'instinct à s'éloigner.

Chacun sait ou devine, d'autre part, que dans un d au pistolet, par exemple, il convient de se placer d profil, de façon à donner le moins de prise possible feu de l'adversaire.

Mais il est des circonstances où l'on n'a pas assez tement le sentiment de ce que la prudence com pour se garantir du danger.

Ainsi, quand on exploite une carrière à ciel ouvert moyen de la poudre ou de la dynamite, il arrive sou que des éclats de pierre sont projetés à une assez g distance et que les ouvriers, dépourvus de tout abri,

exposés à être blessés plus ou moins grièvement. Au moment où part le coup de mine, les ouvriers dont nous parlons, après s'être retirés à la distance qu'ils estiment suffisante, restent généralement debout. Mais quelle que soit leur expérience, ils n'arrivent pas toujours à se soustraire aux projections. Ne seraient-ils pas moins exposés à un accident, en se baissant, ou en se couchant par terre ? Et alors, est-ce dans la direction du tir ou bien dans la direction perpendiculaire qu'il est préférable de s'étendre ? Quels conseils peut-on donner à cet égard ?

Nous avons eu l'occasion de poser ces questions à des ingénieurs et à des hommes de métier ; mais nous n'avons obtenu que des réponses évasives ou contradictoires.

C'est pourquoi nous essaierons d'établir quelques notions élémentaires sur la probabilité d'être atteint par un projectile quelconque quand on n'est pas *défilé*, c'est-à-dire à l'abri. Les conditions les plus favorables pour échapper au danger s'en déduiront immédiatement, puisque la probabilité de ne pas être atteint est le complément à l'unité de la précédente.

Le sujet de cette étude est d'ailleurs très différent des questions qui sont traitées dans les ouvrages de balistique, soit anciens, soit récents. On s'y préoccupe spécialement de la précision et de la rectification du tir exécuté sur un *but déterminé*.

Ainsi, les quatre leçons professées annuellement à l'école d'application de l'artillerie et du génie à Fontainebleau, sous le titre de *Probabilité du tir*, leçons dont nous avons sous les yeux un exemplaire lithographié, (*) sont exclusivement consacrées au rappel des principes généraux du calcul des probabilités, aux écarts probables du tir en portée, en direction et en hauteur, à la recherche

(*) *Probabilité du tir*, par M. G. Hatin, capitaine d'artillerie, décembre 1889.

d'une fonction propre à représenter ces écarts, et à le calcul pratique.

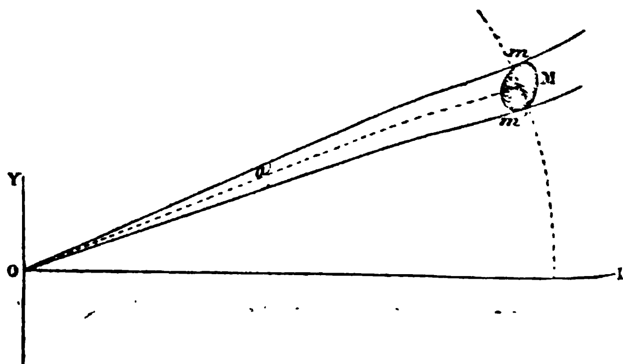
Nous examinerons comment la probabilité varie les dimensions du corps exposé aux coups, et avec sa tance au centre de l'orifice de la bouche à feu, ou pour nous servir d'un terme plus général, avec sa distance à l'origine des projections ; et nous distinguerons deux

1° Celui du tir sensiblement *rectiligne* ;

2° Celui du tir *parabolique*.

Mais auparavant il y a lieu de s'occuper du plan et de son orientation, indépendamment de la forme trajectoire du projectile.

Probabilité relative au plan du tir. — Aucun point corps ne peut être atteint par le projectile s'il ne se dans le plan du tir, c'est-à-dire dans le plan vertical tenant la trajectoire.



Soit M la projection géométrique du corps sur le horizontal passant par l'origine O du tir. Menons plans verticaux Om, Om', tangents au contour de projection. Le corps dont il s'agit, le *sujet*, ne peut touché que par les projectiles dont le plan de tir compris entre les limites extrêmes Om et Om'.

Appelons a la distance du point O au centre de la section M ; et décrivons du point O comme centre une circonférence ayant a pour rayon. Soit e la longueur de l'arc compris entre les tangentes Om et Om'.

Le nombre des points distincts appartenant à cet arc peut être représenté par e, tandis que le nombre des points distincts de la circonférence entière est exprimé par $2\pi a$.

La probabilité que le plan dans lequel se meut un projectile déterminé soit compris entre Om et Om', est donc égale au rapport $\frac{e}{2\pi a}$, si l'on suppose que la direction suivant laquelle a lieu la projection, autrement dit que le plan du tir est absolument quelconque.

Si on ne s'occupe pas des projectiles pouvant être lancés du côté opposé à M, si on limite à la demie circonférence le champ possible du tir, la probabilité devient double :

$$p = \frac{e}{\pi a}.$$

D'ailleurs, elle augmente d'autant plus que des causes particulières viennent restreindre ce champ, en demeurant proportionnelle au rapport $\frac{e}{a}$.

Comme le rayon a du cercle est généralement très grand par rapport à l'arc e, cet arc est très sensiblement égal à sa corde ou au diamètre apparent du corps, vu du point O, ce qui conduit à formuler la proposition suivante :

Proposition I. — *La probabilité pour un corps d'avoir un de ses points dans le plan du tir est proportionnelle à son diamètre apparent et en raison inverse de sa distance à la bouche à feu.*

Probabilité relative à la trajectoire, dans le cas du tir

sensiblement rectiligne. — Nous supposons que le projectile est susceptible de prendre, en plan vertical, une direction quelconque entre 0 et 90 degrés, indifféremment. Menons, comme précédemment, non plus en plan horizontal, mais dans le plan de la trajectoire, deux lignes droites partant du point O et tangentes au corps considéré dans ce plan, à sa partie supérieure et à sa partie inférieure. Soit b l'arc compris entre ces deux tangentes sur le quart de circonférence de rayon a; et appliquons exactement le raisonnement qui nous a servi pour déterminer la probabilité p afférente au plan du tir. Nous serons conduit à une proposition analogue pour la probabilité relative à la trajectoire et correspondant à la formule :

$$p' = \frac{b}{\frac{\pi}{2}a}$$

Proposition II. — *La probabilité, pour un corps, qu'un de ses points, situé dans le plan du tir, soit rencontré par un projectile se mouvant sensiblement en ligne droite, est proportionnelle à sa hauteur apparente et en raison inverse de la distance à la bouche à feu.*

Probabilité totale dans le tir sensiblement rectiligne. — La probabilité totale P se compose des deux probabilités que nous venons de déterminer séparément; elle est égale à leur produit.

Ce qui vient d'être démontré pour un corps, s'applique à l'une quelconque de ses parties, que l'on peut supposer infiniment petite, avec les dimensions de, db, en largeur et en hauteur. Pour une semblable partie, la probabilité totale est exprimée par $\frac{2 de \times db}{\pi^2 a^2}$.

Si l'on veut passer de là au corps tout entier, il suffit de prendre la somme totale des petits éléments superficiels

dont il se compose, et de la multiplier par $\frac{2}{\pi^2 a^2}$. Or cette somme n'est autre chose que la surface apparente S du corps considéré, vu du point O, point de départ des projectiles.

On peut appeler cette surface « *champ de visibilité* » et formuler en conséquence la conclusion suivante, pour traduire l'équation :

$$P = \frac{2S}{\pi^2 a^2}.$$

PROPOSITION III. — *Dans le cas du tir rectiligne, la probabilité pour un corps d'être atteint par un projectile est proportionnelle à son champ de visibilité et en raison inverse du carré de sa distance à la bouche à feu.*

La proposition ci-dessus correspond à un cas purement théorique, puisqu'elle fait abstraction de la pesanteur qui empêche les projectiles de se diriger en ligne droite. Cependant elle fournit une valeur très approchée de la probabilité dans la plupart des cas, notamment dans le tir au fusil, où la trajectoire de la balle est très tendue. On le conçoit aisément si l'on considère que la balle du fusil Lebel a une vitesse de 640 mètres par seconde en sortant de l'arme, et que cette vitesse est encore de 149 mètres à la distance de 2.200 mètres.

Probabilités relatives à la trajectoire parabolique. — Rappelons brièvement les formules de la balistique dont nous aurons besoin.

On appelle *angle de projection* l'angle que forme avec le plan horizontal la tangente à la trajectoire, à l'origine.

Soit φ cet angle, V la vitesse initiale du projectile, g l'accélération due à la pesanteur, x et y les coordonnées rectangulaire d'un point situé sur la trajectoire, savoir : x la distance horizontale du point à partir de l'origine, et y sa hauteur.

Posons :

$$h = \frac{V^2}{2g}.$$

En faisant abstraction de la résistance de l'air, on ne peut tenir compte sans compliquer beauco inutilement le problème, l'équation de la trajectoire

$$(1) \qquad y = x \operatorname{tg} \varphi - \frac{x^2}{4h \cos^2 \varphi}.$$

Si l'on désigne par a la distance du but, par b sa teur, la tangente de l'angle de projection est donn l'équation suivante qu'on déduit de la précédente

$$(2) \qquad \operatorname{tg} \varphi = \frac{2h}{a} \pm \sqrt{\frac{4h(h-b)}{a^2} - 1}.$$

Enfin la portée A, c'est-à-dire la valeur de x pondant à $y = o$, a pour expression :

$$(3) \qquad A = 2h \sin 2\varphi.$$

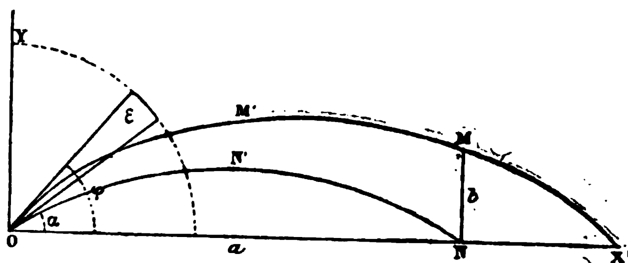
Cela posé, nous considérons le but, non com corps à trois dimensions, mais simplement com rectangle vertical, de hauteur b et de largeur

Cette simplification est imposée par les beso calculs et n'offre pas d'inconvénients ; car nous posons en ce moment de déterminer surtout l'in de la distance. Sous ce rapport la forme et l'épaiss corps sont tout à fait négligeables.

Représentons en conséquence le but, dans le pl tir, par la ligne verticale MN, dont la hauteur est dont le pied est à la distance a de l'origine O, poi départ des projectiles.

Supposons que de ce point, dans la direction de on lance une série indéfinie de projectiles, avec une tesse initiale constante, en faisant varier l'angle de jection de 0 à 90 degrés progressivement.

Soit ON'N la trajectoire de la bombe qui tombe au pied du but, OM'M celle de la bombe qui vient raser le sommet. La portée de la première trajectoire est *a* et correspond à un angle α. Désignons par A celle de la seconde, qui est obtenue sous l'angle de projection φ.



Toutes les trajectoires correspondant à des angles compris entre φ et α atteindront le but en des points échelonnés entre N et M. Au contraire, le but ne sera pas atteint lorsque l'angle de projection sera inférieur à α ou bien supérieur à φ.

Le nombre des trajectoires pouvant produire le résultat cherché est donc représenté, dans un cercle de rayon égal à l'unité, par l'arc $\varepsilon = \varphi - \alpha$, quand le nombre des trajectoires possibles est représenté par le quart de la circonférence.

La probabilité d'atteindre un point du but est, par suite :

$$p = \frac{\varepsilon}{\frac{\pi}{2}}.$$

Or on peut calculer $\operatorname{tg}\varepsilon = \operatorname{tg}(\varphi - \alpha)$ par la formule trigonométrique connue :

$$\operatorname{tg}(\varphi - \alpha) = \frac{\operatorname{tg}\varphi - \operatorname{tg}\alpha}{1 + \operatorname{tg}\alpha \operatorname{tg}\varphi},$$

sachant d'ailleurs, par les équations de la balistique,

que :

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{2h}{a} \pm \sqrt{\frac{4h(h-b)}{a^2} - 1}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2h}{a} \pm \sqrt{\frac{4h^2}{a^2} - 1}.$$

La solution générale est donc :

$$(4) \qquad p = \frac{\text{arc tang } \varepsilon}{\frac{\pi}{2}}.$$

Mais cette formule ne fournit pas des indi
simples relativement à l'influence de la distance
la hauteur b du but.

Il en est de même si l'on donne à la solution
forme, en partant de la valeur

$$\sin 2\varepsilon = \sin (2\varphi - 2\alpha)$$

qui conduit à l'expression :

$$(5) \qquad p = \frac{\text{arc sin } 2\varepsilon}{\pi}.$$

On a, pour la transformer, l'équation :

$$\sin (2\varphi - 2\alpha) = \sin 2\varphi \cos 2\alpha - \sin 2\alpha \cos 2\varphi$$

avec :

$$\sin 2\varphi = \frac{A}{2h}, \qquad \sin 2\alpha = \frac{a}{2h}$$

$$\cos 2\varphi = \sqrt{1 - \frac{A^2}{4h^2}}, \qquad \cos 2\alpha = \sqrt{1 - \frac{a^2}{4h^2}}$$

Ce qui permet de calculer p en fonction de la p
correspondant à l'angle φ et de la distance a du b
— On obtient cependant des conclusions intér
dans un cas particulier, qui correspond d'aille
circonstances qu'on rencontre habituellement dans
pratique et qui se trouve être, par suite, le cas le
général. C'est celui où la hauteur du but est très

par rapport à la distance de la bouche à feu et où les angles φ et α ne présentent conséquemment qu'une petite différence.

Supposons donc ε très petit, et contentons-nous de chercher une valeur *approchée* de la probabilité, restreinte au cas considéré.

On a :

$$\cos 2\alpha = \cos(2\varphi - 2\varepsilon) = \cos 2\varphi \cos 2\varepsilon + \sin 2\varphi \sin 2\varepsilon.$$

Dans notre hypothèse, $\cos 2\varepsilon$ diffère très peu de l'unité; nous le remplacerons par 1. Introduisons la valeur ainsi simplifiée et approximative de $\cos 2\alpha$ dans l'équation précédemment indiquée de $\sin(2\varphi - 2\alpha)$.

Il vient :

$$\sin 2\varepsilon = \sin 2\varphi \cos 2\varphi + \sin^2 2\varphi \sin 2\varepsilon - \sin 2\alpha \cos 2\varphi.$$

De là :

$$\sin 2\varepsilon = \frac{\cos 2\varphi(\sin 2\varphi - \sin 2\alpha)}{1 - \sin^2 2\varphi}$$

$$\sin 2\varepsilon = \frac{\sin 2\varphi - \sin 2\alpha}{\cos 2\varphi}.$$

Prenons le sinus de 2ε comme représentant l'arc, et nous aurons une valeur approchée de la probabilité p :

$$(6) \qquad p = \frac{\sin 2\varphi - \sin 2\alpha}{\pi \cos 2\varphi}.$$

— La plus grande portée d'un projectile dont la vitesse initiale est donnée correspond à un angle de projection de 45 degrés. Si la distance du but est supérieure, la probabilité n'existe plus.

Cela nous amène à faire remarquer, avant d'aller plus loin, que l'équation ci-dessus ne fournit pas une valeur infinie de p, comme il semblerait au premier abord, pour $\varphi = 45°$ et $\cos 2\varphi = 0$. En effet, la différence des sinus étant voisine de zéro, en vertu de l'hypothèse sur la-

quelle l'équation (6) est fondée, p affecte alors [illegible] indéterminée. En réalité, la probabilité demeure [illegible] très petite.

Cette observation s'applique aux transformations [illegible] nous ferons subir à l'équation (6), et nous n'y [illegible] pas.

On se rappelle que la portée d'une trajectoire est [illegible] portionnelle au sinus du double de l'angle de projection.

En substituant à $\sin 2\varphi$ la valeur $\frac{A}{2h}$ et à $\sin$ [illegible] leur $\frac{a}{2h}$, l'équation de la probabilité devient :

$$p = \frac{A - a}{\pi . 2h \cos 2\varphi}. \tag{7}$$

La probabilité est donc proportionnelle à la [illegible] des portées correspondant aux angles φ et α. Elle [illegible] en même temps, de l'angle de projection ou de l'[illegible] de chute.

En effet, ce dernier est égal au premier quand [illegible] jectoire est parabolique.

Ombre balistique. — On peut comparer la longueur [illegible] de la figure précédente, c'est-à-dire $A - a$, à la longueur d'une ombre qui serait formée sur un plan hori[illegible] rière le corps, dans la supposition où celui-ci serait [illegible] par des rayons lumineux épousant les trajectoires [illegible] projectiles.

Nous désignerons cette ombre sous le nombre [illegible] *balistique.*

La formule précédente peut alors se traduire d'une [illegible] çon imagée, comme il suit :

« *Sous un angle de projection donné, la probabilité [illegible] dans le plan de tir est proportionnelle à la longueur [illegible] l'ombre balistique.* »

Si l'on considère la série des plans verticaux de tir qui rencontrent le corps exposé aux projections, et que nous supposons placé à une grande distance de la bouche à feu, chacun de ces plans donne lieu, en plan horizontal, à une ligne analogue à NX, dont la longueur représente la probabilité d'être atteint, en négligeant les petites différences des angles de projection dans les différents plans.

L'ensemble de ces lignes, sensiblement parallèles, constitue l'ombre balistique de ce corps.

On est ainsi conduit à la proposition suivante.

PROPOSITION IV. *Sous un angle de projection donné, supposé constant, la probabilité totale d'être atteint par un projectile est proportionnelle à la surface de l'ombre balistique, quelle que soit la forme du corps considéré.*

Cette proposition peut être démontrée directement par un procédé purement géométrique et sans le secours de l'analyse, pour une trajectoire de forme quelconque.

Influence de la hauteur du but. — En multipliant le numérateur et le dénominateur de l'équation (7) par $\sin 2\varphi$ et en remplaçant $2h \sin 2\varphi$ par A, on lui donne la forme :

$$p = \frac{A - a}{\pi A} \operatorname{tg} 2\varphi.$$

On y introduit alors la hauteur b en usant du procédé suivant.

L'équation de la trajectoire, en faisant $x = a$, $y = b$, devient :

$$b = a \operatorname{tg} \varphi - \frac{a^2}{4h \cos^2 \varphi}.$$

Or :

$$\frac{a^2}{4h \cos^2 \varphi} = \frac{a^2 \sin \varphi}{4h \cos \varphi \times \cos \varphi \times \sin \varphi} = \frac{a^2 \operatorname{tg} \varphi}{2h \sin 2\varphi} = \frac{a^2 \operatorname{tg} \varphi}{A}.$$

Donc :

$$b = a \operatorname{tg} \varphi - \frac{a^2 \operatorname{tg} \varphi}{A} \quad \text{et} \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Ab}{(A-a)a}.$$

En reportant la valeur de $\frac{A-a}{A}$ tirée de cette deux[illegible] équation dans l'équation (7), il vient :

$$(8) \qquad p = \frac{b}{\pi a} \times \frac{\operatorname{tg} 2\varphi}{\operatorname{tg} \varphi},$$

ou bien encore, puisque $\operatorname{tg} 2\varphi = \frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi}$

$$(9) \qquad p = \frac{2b}{\pi a(1 - \operatorname{tg}^2 \varphi)}.$$

Ainsi, la probabilité, en tenant compte de la [illegible] de la trajectoire, ne diffère de la probabilité q[illegible] avons précédemment déterminée, en supposant la [illegible] tiligne, que par l'introduction d'un facteur conten[illegible] gle φ, et l'on peut formuler la règle suivante :

PROPOSITION V. *La probabilité, dans le plan [illegible] d'être atteint par un projectile, sous un angle don[illegible] proportionnelle à la hauteur du corps et en raison [illegible] de sa distance à la bouche à feu.*

Probabilité totale. — La probabilité qu'un [illegible] corps considéré se trouve dans le plan du tir est, [illegible] nous l'avons démontré, égale à $\frac{e}{\pi a}$.

On obtient la probabilité totale P en faisant le [illegible] des deux probabilités partielles ; et, comme $be =$ [illegible] face du rectangle considéré, on a :

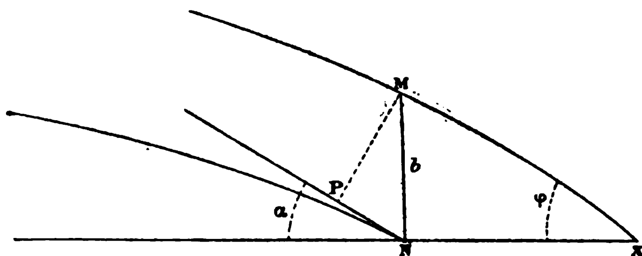
$$(10) \qquad P = \frac{2S}{\pi^2 a^2} \times \frac{\operatorname{tg} 2\varphi}{2 \operatorname{tg} \varphi}.$$

Cette expression ne diffère que par le facteur co[illegible] nant φ de l'expression de la probabilité relative au [illegible] ligne droite. La probabilité totale se formule donc [illegible]

PROPOSITION V. *La probabilité pour un corps d'être atteint par un projectile, sous un angle donné, est : 1° proportionnelle à son champ de visibilité, 2° en raison inverse du carré de sa distance à la bouche à feu.*

Quant au facteur $\frac{\operatorname{tg} 2\varphi}{2 \operatorname{tg} \varphi}$, il tend vers l'unité quand φ tend vers zéro : il diminue à mesure que la vitesse initiale du projectile ou bien que la distance vont en augmentant.

Champ de visibilité. — Dans l'équation précédente, S est le champ de visibilité en plan vertical. Soit S′ le champ de visibilité du corps considéré dans un plan normal à la trajectoire, en supposant que les différentes trajectoires comprises au départ entre les angles α et φ sont sensiblement parallèles, au droit du corps, et que la différence de ces angles est très faible.



Les angles sous lesquels le projectile touche le plan horizontal aux points N et X sont égaux respectivement à α et à φ, en négligeant la résistance de l'air.

Traçons la ligne MP perpendiculaire à la tangente PN de l'angle α.

On a :

$$PM = b \cos \alpha,$$

et par suite :

$$S' = S \cos \alpha.$$

On peut mettre S′ en évidence dans l'équation (10). À cet effet, remplaçons-y φ par α.

On a :

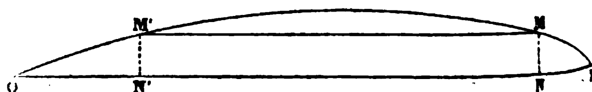
$$\frac{\operatorname{tg} 2\alpha}{\operatorname{tg} \alpha} = \frac{2 \sin \alpha \cos \alpha}{\cos 2\alpha} \times \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{2 \cos \alpha}{\cos 2\alpha} \times \cos \alpha.$$

Donc

$$P = \frac{S \cos \alpha}{\pi^2 a^2} \times \frac{2 \cos \alpha}{\cos 2\alpha} = \frac{S'}{\pi^2 a^2} \times \frac{2 \cos \alpha}{\cos 2\alpha}.$$

Ainsi, on peut encore dire que « *la probabilité est proportionnelle au champ de visibitité par rapport à la direction des projectiles* », à condition de changer le coefficient trigonométrique dans l'équation (10).

Zones dangereuses. — Étant donné la trajectoire du projectile, il existe généralement deux zones dangereuses pour un *sujet* de hauteur *b* qui se trouverait dans le plan du tir. En effet, si l'on trace la ligne horizontale MM′ à la hauteur *b*, on détermine deux portions de courbe OM′ et MX qui rencontreront le *sujet* dans le cas où il se placerait d'une extrémité à l'autre de la ligne OX.



En négligeant l'épaisseur du corps humain par rapport à la distance du point O, ON′ et NX sont les longueurs des deux zones dangereuses. Dans l'intervalle NN′ le projectile passe au-dessus de la tête du sujet, et la probabilité d'être atteint est nulle, étant connu l'angle de projection.

Les deux zones dangereuses ont la même longueur par

une trajectoire parabolique. En réalité, à cause de la résistance de l'air, la zone NX est plus petite que la zone ON'. Si le sommet de la parabole est situé au-dessous de la ligne MM', l'intervalle où l'on peut se mouvoir en sécurité s'annule; les deux zones dangereuses se juxtaposent de façon à n'en plus former qu'une, dont la longueur est égale à la portée du projectile. Le danger est maximum. C'est le cas du tir rasant.

En conservant les mêmes notations que précédemment, on a :

$$NX = A - a.$$

On voit donc que la longueur de la zone dangereuse, dans la branche descendante dont nous nous occupons exclusivement, est égale à celle de l'*ombre balistique.* La surface de la zone dangereuse n'est autre que l'ombre balistique, et peut être définie par cette ombre.

Si l'on a égard à la proposition IV, on peut dire que « *l'inclinaison du tir étant donnée, la probabilité d'être atteint par un projectile est proportionnelle à l'étendue de la zone dangereuse* », ce qui se démontre d'ailleurs directement avec facilité.

Principe de la réduction du champ de visibilité. — Observations concernant la meilleure attitude à prendre, suivant les cas. — Le champ de visibilité d'un corps éloigné de la bouche à feu diffère peu de la projection de ce corps sur un plan perpendiculaire à la direction du projectile. Si donc l'on prévoit quelle peut être cette direction, il est aisé de se rendre compte de l'étendue correspondante du champ de visibilité. D'après les règles précédentes, il convient de réduire ce champ le plus possible, pour diminuer les chances d'être atteint.

A cet effet, on doit allonger son corps dans la direction même du projectile. On doit se coucher par terre, si on est exposé à un tir sensiblement horizontal, et ne de-

meurer debout que dans le seul cas où l'on aurait à se préserver d'un objet tombant verticalement.

A la vérité, quand le projectile arrive sous l'angle de 45 degrés, il est indifférent de rester debout ou de se coucher sur un sol horizontal. Car le plan normal à la direction du projectile est lui-même incliné à 45 degrés, de sorte que la projection du corps sur ce plan est exactement la même dans les deux attitudes, si différentes, dont il s'agit. Mais alors aucune des deux ne convient. Il est bien préférable de se replier sur soi-même.

C'est ce qu'une formule élémentaire permet de préciser, pour un prisme vertical ayant une hauteur b, une largeur c, dans le plan de la trajectoire, et la dimension e dans le sens perpendiculaire à ce plan. L'inclinaison de la trajectoire étant α, la surface de la projection du champ de visibilité du prisme a pour valeur:

$$S = e(c \sin \alpha + b \cos \alpha).$$

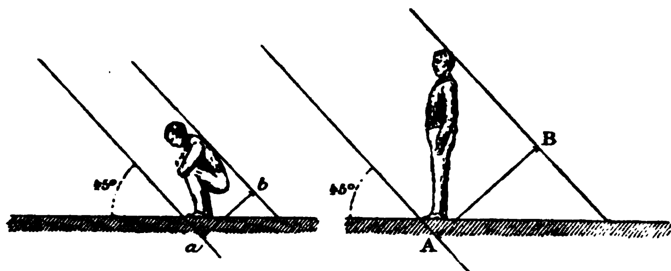
On en déduit aisément l'influence des trois dimensions du prisme et les diverses grandeurs de S, suivant l'angle α.

Mais les corps géométriques se prêtent seuls à de semblables formules.

Dans le cas d'un homme, il est préférable, pour se rendre bien compte des choses, de dessiner son profil dans les diverses positions qu'on lui attribue, en projection sur le plan du tir. A chaque fois on mènera, par le haut et par le bas, les tangentes extrêmes ayant l'inclinaison α attribuée au projectile, et on mesurera l'intervalle qui les sépare pour avoir l'un des diamètres du champ de visibilité.

Les deux dessins suivants représentent un homme successivement debout et accroupi. AB, *ab* sont les diamètres apparents correspondant à l'angle de 45 degrés; on voit que *ab* n'est guère que la moitié de AB.

En s'accroupissant, pour se préserver des projectiles tombant sous l'angle de 45 degrés, on réduit par conséquent les chances d'accident à moitié.



Quand l'inclinaison des trajectoires descend au-dessous de cet angle, il ne suffit plus de s'accroupir. Il convient de se mettre à quatre pattes, suivant l'énergique expression populaire.

Si le tir est rasant, le mieux est de se coucher à plat ventre, en s'allongeant dans la direction du tir.

Dans ce dernier cas, la chance d'être touché est cinq ou six fois plus grande pour l'homme debout que pour l'homme couché ; car la dimension transversale du corps humain n'excède généralement pas la cinquième partie de la taille.

— En résumé, pour se garantir le mieux des projectiles en rase campagne, il faut *se laisser voir* par eux le moins possible. Le problème se réduit donc à apprécier quelle sera leur inclinaison probable.

A la guerre, on se trouve en présence d'un tir réglé ; le hasard ne joue plus le seul rôle et cette dernière question se pose à peine. Le tir sensiblement horizontal est celui dont on a presque toujours à se préserver ; nous venons de dire comment.

S'il s'agit d'une exploitation de carrière, du tirage des

coups de mine, l'appréciation n'est pas aussi simple. Ce-
pendant il existe toujours des données dont il conv
de tenir compte. L'ouvrier n'a jamais à redouter qu
éclat de roche tombe sur lui sous l'angle de 90 degr
Plus il s'éloigne du trou de mine, où le feu a été mis, p
il échappe aux éclats tombant en bombe, dont la tra-
toire surélevée a une portée relativement courte. L
reste à redouter les éclats projetés sous de faibles in-
naisons et qui, s'ils ont peu de volume, peuvent ê
animés d'une grande vitesse et se trouver en consé
lancés à une distance assez considérable. Les proje
par *ricochet* ont aussi lieu généralement sous des an
inférieurs à 45 degrés.

La sécurité des ouvriers exige donc qu'ils ne res jamais debout pendant le tirage des mines.

Les plus prudents seront ceux qui s'éloigneront da-
tage, pour satisfaire à la loi du carré de la distance,
ont jusqu'à présent ignorée. En outre, ces ouvr
devront de préférence se coucher à plat ventre, da
direction du centre d'explosion.

Les moins prudents feront bien, tout au moins, d
s'accroupir, pour se garantir des projections sous l'a
de 45 degrés. Car cet angle moyen peut être cons
comme le plus probable, en général, pour les projections
directes, à défaut d'indications spéciales.

Mais, si des ricochets sont à craindre, sur un sol r
tant, l'angle sous lequel on risque le plus d'être a
par les projectiles descend au-dessous de 45 degrés. I
vaut donc encore mieux s'agenouiller par terre, e
penchant fortement en avant, que de se borner à ac-
croupir.

BULLETIN

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA HONGRIE EN 1889.

D'après les statistiques officielles, la superficie des mines exploitées était, en Hongrie, à la fin de 1889, de 605.497.882 mètres carrés, dont 83.710.003 appartenant à l'État, et 521.787.879 aux particuliers. Ces chiffres ne présentent aucun changement comparativement à ceux de l'année précédente.

Les exploitations (*Freischürfe*) étaient au nombre total de 12.819 : 529 à l'État, 12.290 réparties entre 1.412 entreprises privées.

La longueur des voies ferrées de transport atteignait 1.247.850 mètres; le nombre des machines d'extraction, 458; celui des machines d'épuisement, 170.

Il y avait en activité 13.371 pilons de bocard, 34 paires de meules, 146 broyeurs, 877 pilons à minerai, 104 hauts fourneaux, 27 demi-hauts fourneaux, 16 fours à manche, 274 fours à griller, 31 fours à réverbère, 136 fours à distiller, 271 fours à amalgamer, 167 caisses à cristallisation.

Le nombre des ouvriers employés aux mines s'élevait à 48.173, dont 41.301 hommes, 1.249 femmes et 5.623 enfants.

Les recettes des caisses fraternelles des mineurs ont atteint, dans les mines de l'État, 2.384.022 florins; chez les particuliers, 1.641.384 florins, soit au total, 4.025.402 florins. Les dépenses ont été, pour les particuliers, de 1.704.126 florins; pour le fisc, de 2.148.077 florins. L'actif des caisses s'élève à la somme totale de 8.893.956 florins.

Le rendement des mines et usines a été le suivant :

	Quantités.	Valeur.
Or	2.215k,215	2.977.253 florins.
Cuivre	305 ton. métr.	181.586 —
Argent	»	1.532.594 —
Plomb	»	376.190 —
Mercure	10t,5	25.205 —
Fonte	225.940 ,4	7.747.541 —

	Quantités.	Valeur.
Fer	12.860t ,5	1.016.215 florins
Houille.	931.452 ,0	»
Lignite	1.955.252 ,9	»
Briquettes	22.796 ,7	»
Pyrites de fer. . . .	52.416 ,1	»
Sulfate de fer. . . .	2.069 ,1	»
Minerais de fer. . .	665.618 ,8	»

La production totale des mines de Hongrie représ[illegible] somme de 24.994.263 florins; en 1888, elle était de 21.[illegible] rins; en 1880, de 18.626.981 florins.

La production du sel a été de 164.518,5 tonnes métriques :

Sel gemme	153.541t,1
Sel pour l'industrie	4.900 ,3
Sel obtenu par évaporation	6.076 ,1

Ces quantités représentent une valeur de 14.432.718 flo[illegible]

(Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des af[illegible] étrangères, par M. Delabarre, *consul général de Fra[illegible] à Buda-Pesth.*)

STATISTIQUE DES MINES DE HOUILLE DE LA HAUTE-SIL[illegible] EN 1890.

D'après les renseignements qui viennent d'être publ[illegible] statistique des mines de houille de la Haute-Silésie [illegible] en 1890, 56 mines en activité, contre 64 en 1889. Il [illegible] mines en exploitation, en 1890, 707 machines à vapeur [illegible] force totale de 62.837 chevaux-vapeur; en 1889, il en exist[illegible] avec 59.164 chevaux-vapeur, soit une augmentation de [illegible] en machines à vapeur et de 5,4 p. 100 en chevaux-vap[illegible] ces machines, il y en avait 162 avec 18.579 chevaux-vap[illegible] servaient à l'extraction, contre 157 avec 16.540 chevaux [illegible] 196, avec 37.194 chevaux, pour l'épuisement des eaux, co[illegible] avec 36.285 chevaux, en 1889; et 349, avec 7.064 chevaux, [illegible] nées à d'autres usages, contre 325, avec 6.789 chevaux, [illegible] L'augmentation du nombre des machines, pendant l'année [illegible] a donc été de 3,2 p. 100 pour les machines d'extraction; de [illegible] pour les machines d'épuisement, et de 7,4 p. 100 pour les m[illegible] chines diverses. L'augmentation respective des chevaux-vap[illegible] pendant l'année 1890, a été de 12,3 p. 100, — 2,5 p. [illegible]

4,1 p. 100. Le nombre des chevaux employés au fond des mines, pour les transports, a été de 1.881, en 1890, contre 1.644, en 1889, soit une augmentation de 14,4 p. 100.

Les mines de houille de la Haute-Silésie ont occupé, pendant les années 1885 à 1890, en ouvriers :

	Hommes.	Femmes.	Totaux.
1885....	36.466	3.748	40.214
1886....	36.731	3.855	40.586
1887....	37.095	3.873	40.968
1888....	37.772	4.124	41.896
1889....	39.759	4.420	44.179
1890....	45.018	4.690	49.708

Pendant l'année 1890, le nombre d'ouvriers employés aux mines de houille, a donc augmenté de 5.529, ou 12,5 p. 100, c'est-à-dire plus que pendant les cinq années précédentes dans leur ensemble. Il a été fait, pendant l'année 1890, 13.915.724 journées de travail, contre 12.397.960 en 1889; 11.705.309 en 1888; et 11.173.101 en 1887; soit une augmentation, en 1890, de 12,2 p. 100, comparativement à l'année 1889; en 1889, cette augmentation, comparativement à l'année 1888, n'a été que de 5,9 p. 100; en 1888, comparée à 1887, de 4,8 p. 100. En 1887, la moyenne des journées de travail, par ouvrier et par année, a été de 272,7 jours; en 1888, de 279,4 (ou 2,5 p. 100 en plus), et en 1889, 280,6 jours (ou 0,4 p. 100 de plus qu'en 1888); et en 1890, 280 jours (ou 0,2 p. 100 de moins qu'en 1889).

L'ensemble des salaires payés aux ouvriers des mines de houille s'est élevé :

Pendant l'année 1885, à.....	22.370.220	marks
— 1886, à.....	22.018.526	—
— 1887, à.....	22.505.445	—
— 1888, à.....	24.081.218	—
— 1889, à.....	28.027.013	—
— 1890, à.....	36.584.591	—

L'augmentation en faveur de l'année 1890, comparativement à l'année 1889, a été de 8.500.000 marks ou 30,5 p. 100.

Le salaire moyen de l'année, d'un ouvrier âgé de plus de 16 ans, s'est élevé :

En 1890, à.....	790,4	marks
1889, à.....	680,7	—
1888, à.....	615,1	—
1887, à.....	585,6	—

Soit une augmentation :

En 1888,	comparativement à l'année	1887, de 5 p. 100
1889,	—	1888, de 18,7 p. 100
1890,	—	1889, de 16,1 p. 100

Le salaire moyen de l'année d'ouvriers (hommes) [illegible] de 16 ans, a été :

En 1890, de.	274,2 marks
1889, de.	233,6 —
1888, de.	203,5 —
1887, de.	273,5 —

Le salaire moyen de l'année des ouvrières femmes, [illegible]

En 1890, à.	257,8 marks
1889, à.	235,7 —
1888, à.	218,5 —
1887, à.	210,1 —

Soit une augmentation :

En 1888,	comparativement à l'année	1887, de 4 p. 100
1889,	—	1888, de 8 p. 100
1890,	—	1889, de 9,4 p. 100

De sorte que, pendant les deux dernières années, [illegible] moyens de l'année, des ouvriers âgés de plus de 16 [illegible] augmenté de 28,5 p. 100, et ceux des femmes de 18 p. 100.

Le production totale des mines de la Haute-Silésie [illegible]

En 1885.	12.733.531	tonnes	d'une valeur de	47.[illegible] marks
1886.	12.864.882	—	—	47.[illegible] —
1887.	13.088.946	—	—	46.[illegible] —
1888.	14.445.276	—	—	51.[illegible] —
1889.	15.745.292	—	—	58.[illegible] —
1890.	16.862.878	—	—	80.971.[illegible] —

En comparant le salaire moyen de l'année d'un [illegible] la valeur moyenne de la tonne de houille, l'on obtient le [illegible] ci-après :

	SALAIRE MOYEN de l'année d'un ouvrier.	VALEUR MOYENNE de la tonne de houille.	[illegible] de la [illegible] des [illegible] aux frais de [illegible] d'une tonne de [illegible]
	marks.	marks.	
1885.	556,28	3.71	[illegible]
1886.	542,57	3,688	[illegible]
1887.	549,34	3,55	[illegible]
1888.	574,79	3,55	[illegible]
1889.	634,40	3,73	[illegible]
1890.	735,99	4,80	[illegible]

: dernier tableau montre aussi, d'après la statistique, la ;se colossale des salaires pendant les dernières années; car, ;ré la hausse du prix de la houille et les revenus des mines, permettent aujourd'hui de payer quelques intérêts et d'a- tir les capitaux engagés dans l'exploitation des mines de la te-Silésie, la proportion de la participation des salaires aux de la production de la tonne de houille, est restée presque ıême, et n'a diminué que d'environ 2,5 p. 100.

(Extrait d'un rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères, par M. Delsart, *consul de France à Breslau.*)

PRODUCTION DE LA FONTE AUX ÉTATS-UNIS EN 1890 ET EN 1880.

ÉTATS et :RRITOIRES	ANNÉE FINISSANT AU 30 JUIN 1890				ANNÉE FINISSANT AU 30 MAI 1880			
	Nombre des hauts fourneaux	Production	P. 100 du total	Rang	Nombre des hauts fourneaux	Production	P. 100 du total	Rang
		tonn. mét.				tonn. mét.		
ınsylvanie. .	224	4.274.247	49,19	1	269	1.750.792	51,05	1
io	71	1.181.185	13.59	2	103	497.682	14,51	2
bama	48	807.622	9,29	3	15	56.539	1,65	10
nois.	15	611.777	7,04	4	10	86.598	2,52	7
w-York. . . .	37	325.649	3,75	5	57	284.225	8,29	3
ginia.	31	274.319	3,16	6	31	16.241	0,48	17
ınessee. . . .	19	263.707	3,04	7	21	43.421	1,27	13
:higan	26	203.991	2.35	8	27	108.455	3,16	5
scousin . . .	10	190.504	2,19	9	14	107.282	3,13	6
w-Jersey. . .	8	131.551	1 51	10	20	142.774	4,16	4
st Virginia. .	5	98.649	1,14	11	11	72.605	2,12	9
ısouri.	8	89.912	1,04	12	17	86.210	2,51	8
ryland	14	87.295	1,00	13	22	54.115	1,58	11
ntucky	6	40.088	0,46	14	22	52.704	1,54	12
orgia	5	32.423		15	10	20.951		14
nnecticut. . .	8	19 682		16	8	17.033		15
lorado	2	11.745		17	»	»		»
liana.	2	10.403		18	4	16.541		16
xas.	4	8.118		19	1	1.270		21
egon	1	7.629	1,25	20	1	2.902	2,03	19
ıssachusetts..	4	7.602		21	6	8.656		18
ıshington. . .	1	4.342		22	»	»		»
ıine.	1	3.356		23	1	1.828		20
ırth Carolina.	1	3.063		24	7	. . . . .		24
nnesota . . .	1	. . . . .		25	1	. . . . .		23
rmont	»	»		»	1	562		22
Totaux. . .	562	8.688.859	100,00		679	3.429.386	100,00	

Production de la fonte, d'après les combustibles employés en 1890 et en 1880.

	FONTE A L'ANTHRACITE et à l'anthracite mêlé de coke	FONTE AU COKE et au coke mêlé de houille	[illegible]
	tonnes mét.	tonnes mét.	[illegible]
1890	1.997.537	6.087.760	[illegible]
1880	1.656.787	1.374.202	[illegible]
Augmentation en 1880 . . .	340.750	4.713.558	[illegible]

Ces nombres ne comprennent pas les quantités [illegible] moulages en première fusion : 9.005 tonnes en 1890, [illegible] en 1880.

La production de la fonte aux États-Unis, pendant [illegible] nissant au 30 juin 1890, a dépassé de 234.200 tonnes [illegible] celle de l'Angleterre en 1889.

(Extrait du *Census Bulletin* de Washington.)

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE L'ITALIE [illegible]

Les permis de recherches accordés en 1889 ont été [illegible] de 259 pour le royaume d'Italie, au lieu de 351 en 1888. [illegible] recherches ont porté sur les substances minérales [illegible] fer, 5; cuivre, 23; plomb argentifère, 47; argent, [illegible] plomb et zinc, 14; minerais mélangés, 2; or, 9; [illegible] manganèse, 4; pyrite de fer, 1; soufre, 10; graphite, [illegible] bustibles minéraux, 60; pétrole, 44.

Elles se divisent en 76 recherches nouvelles, [illegible] 132 continuées.

Les concessions de mines accordées en 1890 ont été [illegible] de 12, savoir : 1 de lignite; 8 de plomb, argent, zinc; [illegible] moine; 1 de manganèse et 1 de pétrole.

Le tableau suivant donne les quantités et la valeur des [illegible] minérales extraites des mines italiennes en 1888 et en 1889.

NATURE des SUBSTANCES	1888 QUANTITÉS extraites	PRIX moyen	VALEUR	1889 QUANTITÉS extraites	PRIX moyen	VALEUR
	tonn. mét.	fr.	fr.	tonn. mét.	fr.	fr.
erai de fer . .	177.157	11,28	1.999.331	173.489	10,82	1.887.231
de manganèse	3.630	21,48	78.000	2.203	23,51	51.801
de cuivre . . .	47.088	34,44	1.621.833	48.214	27,82	1.341 528
de zinc. . . .	87.310	82,00	7.159.441	97.059	85,08	8 257.775
de plomb . . .	35.178	196,43	6.910.058	36.894	191.42	7.062.348
d'argent. . . .	2.005	959,31	1.923.419	1.997	875,64	1.748.663
d'or	10.638	45,89	488.158	10.932	46,50	508.427
d'antimoine .	507	130,66	66.246	563	177,75	100.072
cure métal - que.	339	4.994,32	1.693.075	385	5.900,00	2.274.450
ite de fer. . .	14.633	10,09	147.660	17.022	14,48	246.494
nbustibles mi- néraux	366.794	7,32	2.672.574	390.320	7,32	2.858.154
fre.	376.538	66,45	25.013.014	371.494	66,36	24.652 876
gemme. . . .	18.424	15,28	281.636	18.475	15,51	286.490
de sources . .	11.325	34,48	390.477	10.015	27,00	270.143
halte, mastic bitume	20.064	25,17	505.111	29.844	18,13	541.032
ole	174	319,71	55.630	177	288,13	51.000
x minérales (1)	2.100	12,52	26.300	3.500	8,14	28.500
nite	6.050	5,00	30.250	5.600	25,00	140.000
le borique. . .	2.603	500,00	1.301.250	2.473	500,00	1.236.550
phite.	1.390	10,39	14.445	1.531	7,00	10.721
Totaux. . . .	1.183.947	. . . .	52.377.908	1.222.187	. . . .	53.554.255
des marais . .	382.593	11,00	4.208.523	420.625	6,30	2.648.949
rbe	29.925	13,00	388.884	30.095	14,77	444.531

(1) Ces chiffres comprennent les eaux minérales extraites dans la province de Parme vertu d'une concession accordée suivant la loi de Charles III (400 tonnes d'une eur de 3.000 francs pour 1889), et celles tirées des puits de pétrole (2.500 tonnes ant 7.600 francs), et des puits salés (600 tonnes valant 17.900 francs) des provinces Parme et de Pavie.

e nombre des mines exploitées a été de 726 contre 654 l'année cédente.

es ouvriers occupés aux travaux de mines ont été au nombre 48.981 ; sur ce nombre, 239 ont été victimes d'accidents, savoir : tués et 171 blessés, soit 1,39 tué et 3,48 blessés par 1.000 ouers. Le nombre des accidents dont on a eu connaissance a de 196.

.e tableau suivant présente une récapitulation des accidents mines durant la dernière période décennale :

ANNÉES	ACCIDENTS	TUÉS	BLESSÉS
1880.	92	94	63
1881.	126	184	121
1882.	144	124	179
1883.	173	138	155
1884.	146	81	160
1885.	160	56	146
1886.	303	143	313
1887.	418	64	443
1888.	301	87	296
1889.	196	68	171

La production des usines métallurgiques a été la [illegible] pendant les années 1888 et 1889 :

SUBSTANCES	1888				1889			
	NOMBRE d'usines	PRODUCTION			NOMBRE d'usines	PRODUCTION		
		Poids	Prix moyen	Valeur		Poids	Prix moyen	Valeur
		ton. mét	fr.	fr.		ton. mét.	fr.	fr.
Fonte. . . .	8	12.400	114,69	1.422.200	11	13.473	[illegible]	[illegible]
Fer.	209	176.769	234,36	41.427.855	323	181 623	[illegible]	[illegible]
Acier. . . .		117.785	237,78	28.006.466		157.899	[illegible]	[illegible]
Cuivre . . .	7	5.332	1.982,05	10.568.326	9	6.904	[illegible]	[illegible]
Antimoine.	»	»	»	»	1	1 969	[illegible]	[illegible]
Plomb . . .	2	17.481	337,51	5.900.000	1	18 165	[illegible]	[illegible]
		kilog.				kilog.		
Argent. . .		34.891	157.38	5 491.270		33.505	[illegible]	[illegible]
Or.	4	187	2.707,31	506.323	3	216	[illegible]	[illegible]
Mercure . .	3	339.000	4,99	1.693.075	3	385.500	[illegible]	[illegible]

Le nombre des ouvriers employés à l'élaboration [illegible] duits s'est élevé à 17.256 en 1889.

(Extrait de la *Rivista del servizio minerario* [illegible]
—Ministero dell' agricoltura, l'industria et [illegible]

LE SERVICE DES LOCOMOTIVES PAR ÉQUIPES DOUBLES ET MULTIPLES AUX ÉTATS-UNIS.

On trouve dans la *Railroad Gazette* du 19 juin 1891 (p. 431), un rapport intéressant lu à la réunion de cette année des ingénieurs de traction (*master mechanics*) des États-Unis, sur le sujet, souvent controversé en Europe, des équipes doubles ou banales pour les locomotives. Ce rapport prouve qu'aux États-Unis les opinions varient aussi beaucoup sur ce sujet. Le comité chargé du rapport a reçu trente-huit réponses à une circulaire; sur ces trente-huit réponses, vingt et une émanent de Compagnies qui emploient plus d'une équipe par locomotive et dix autres de Compagnies qui ne font usage de la double équipe que pendant une partie de l'année. En outre, vingt-neuf Compagnies sur les trente-huit marquent une préférence du système de la double équipe sur celui de la banalité; six seulement préconisent ce dernier système.

Les réponses n'apprennent rien de précis sur les dépenses d'entretien des locomotives banales : les chiffres cités varient énormément (de 2,47 à 8,01 cents par mille, soit de 7,5 à 25 centimes par kilomètre); pour d'autres réseaux, les dépenses des locomotives banales et à équipe sont confondues.

Les avantages des équipes doubles et multiples sont bien connus : elles réduisent les dépenses en capital (locomotives et installations fixes); elles diminuent certains frais d'exploitation, les dépenses d'allumage par exemple.

Les Compagnies faisant usage des équipes doubles ou banales estiment d'ailleurs différemment la proportion de machines supplémentaires qui leur serait nécessaire avec la simple équipe, ne travaillant pas plus de 15 heures sur 24 : cette estimation varie de 10 à 50 p. 100 de l'effectif. La banalité a en outre, sur la double équipe, l'avantage d'une meilleure répartition du service entre les hommes; mais, par contre, la responsabilité des mécaniciens disparaît en grande partie, en ce qui touche l'entretien de la locomotive : à qui attribuer un grippage de coussinet ou de tiroir? Les chauffeurs connaissent moins bien les particularités de chaque chaudière; le nettoyage est moins bien fait, les primes d'économie de matières deviennent fort difficiles. On trouve toutes ces remarques dans le rapport américain. Il fait connaître ensuite les règles de deux Compagnies : sur le Chicago Milwaukee and Saint-Paul Rail-Road, les machines ont un person-

nel attitré, mais des équipes banales leur font faire quelques voyages supplémentaires pendant le repos de ce personnel. Sur le Chicago Burlington and Quincy Rail-Road, en cas d'augmentation du trafic, on commence par établir le service banal sur une seule division, ce qui rend disponibles des machines qui sont réparties entre les autres divisiōns.

Sauf une ou deux exceptions, on déclare ne recourir [illegible] équipes doubles ou banales que faute d'un matériel suffisant pour faire autrement. Les rapporteurs pensent qu'en général [illegible] équipe vaut mieux que la banalité pour le service des voyageurs, mais que pour les marchandises elle est difficilement applicable, vu l'irrégularité des trains. Leur avis est que le système [illegible] ne peut réussir que si les machines sont l'objet d'une surveillance attentive et si l'entretien est assuré par l'emploi [illegible] sonnel spécial, ainsi que cela a lieu sur le Pennsylvania [illegible] Road; sinon on s'expose à de graves mécomptes.

Si l'on est conduit à appliquer ce système, même pour [illegible] temps, il convient de former des équipes supplémentaires [illegible] toyeurs, pour essuyer en peu de temps les machines, [illegible] les grilles, remplir les soutes, les sablières, faire le graissage [illegible] faut en outre des mécaniciens spéciaux pour amener les machines sur les voies de garage où se fera cette mise en état [illegible] devra encore changer les coffres à effets et à graissage des équipes; les matières de graissage doivent en effet être données aux équipes et non à la machine banale. Les mécaniciens doivent [illegible] formules de rapports, qu'ils remettent lors de chaque [illegible] en notant les principales observations sur l'état de la machine. Enfin à chaque relai des inspecteurs spéciaux, choisis parmi les mécaniciens les plus soigneux et les plus expérimentés [illegible] ront et surveilleront le travail.

On voit par ce rapport que les conditions du service des locomotives ne diffèrent pas en Amérique, autant qu'on l'a [illegible] supposé, de ce qu'elles sont en Europe, et que le service [illegible] équipes doubles et multiples y est apprécié comme il l'est [illegible] nous par beaucoup d'ingénieurs de traction.

(Extrait par M. Ed. Sauvage, *ingénieur des mines*, [illegible] rapport de MM. W.-W. Reynold, C.-G. Turner, [illegible] publié dans la *R.-R. Gazette.*)

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE

LUXEMBOURG (GRAND DUCHÉ DE).

Lois des 25 décembre 1889 et 14 mai 1890 sur les redevances publiques et les redevances tréfoncières dues par les exploitants de mines.

La législation minérale du grand-duché de Luxembourg, primitivement constituée par notre loi française du 21 avril 1810, a été, on le sait, modifiée en ce qui concerne l'exploitation des minerais de fer, dont le rôle est si important pour ce pays, par deux lois des 15 mars 1870 et 12 juin 1874 (*). La nouvelle législation vient d'être complétée par deux lois, du 25 décembre 1889 et du 14 mai 1890, relatives, la première, aux redevances à payer à l'État, et la seconde aux redevances tréfoncières.

La loi du 25 décembre 1889 a fixé à 1/2 p. 100 du produit brut l'impôt à payer à l'État pour toutes les exploitations de minerais de fer sans distinction, tant pour les mines que pour les minières de fer, tant en terrains concédés qu'en terrains non concessibles (art. 1).

Ce nouvel impôt remplacera l'impôt de 2 p. 100 sur le produit net qu'une loi du 4 décembre 1863 avait établi sur les exploitations à ciel ouvert des mines et minières de fer; les deux systèmes d'impôt sont réputés être équivalents en fait pour la quotité due par le redevable.

Le produit brut du nouvel impôt se calcule en multipliant les quantités vendues ou employées pour le service de l'exploitant dans l'année précédente, par le prix moyen de la vente des produits dans les différents bassins pendant ladite année (art. 3 et 4).

L'exploitant qui n'a pas fait sa déclaration de quantités avant le 15 janvier n'est plus recevable à se pourvoir contre la taxe à lui imposée (art. 4).

L'impôt est établi et recouvré comme la contribution mobilière (art. 5).

La loi n'est pas applicable aux concessions spéciales faites par

(*) V. sur ces lois : L. Aguillon, *Traité de législation des mines*, t. III, Législation étrangère, Luxembourg.

la loi du 19 mars 1869 à la société des chemins de fer Prin- Henri; ces concessions restent soumises au régime qui leur [illegible] propre (art. 6) (*).

La loi du 14 mai 1890 sur les redevances tréfoncières consacre, dans son article 1er, le principe, déjà inséré dans l'article [illegible] loi du 12 juin 1874, d'après lequel les redevances tré[illegible] sont fixées au 5 p. 100 du produit que l'État retire des [illegible]sions, sans pouvoir dépasser 10 centimes par tonne; la [illegible] ainsi produite doit être répartie entre tous les propriétaires [illegible] prorata de la surface possédée par chacun à l'intérieur du pé[illegible]mètre de la concession.

L'application de ce principe s'était heurtée depuis [illegible] plus grandes difficultés à raison soit de l'absence du [illegible] par suite de l'incertilude sur les ayants droit, soit des [illegible]tions diverses soulevées entre les intéressés, soit enfin [illegible]dicité des parts revenant à chacun à raison de la [illegible] la propriété.

Pour simplifier les choses, la loi de 1890 stipule que [illegible]vances tréfoncières ne seront réparties que tous les dix [illegible] sont pendant cet intervalle conservées par l'État qui les [illegible] d'un intérêt de 2,5 p. 100 l'an.

L'année de la répartition arrivée, l'État dresse, à [illegible] d'une enquête publique, la liste des ayants droit, c'est-à-[illegible] personnes actuellement propriétaires, et c'est à ceux [illegible]ment colloqués sur la liste qu'est payée par l'État, la somme [illegible] revenant pour cette capitalisation de dix ans, sans que les [illegible] puissent exercer un recours au fond (art. 9).

Si lors de la confection des listes, et avant leur clôture [illegible] contestation sur la propriété d'une parcelle de terrain, les [illegible] correspondantes sont déposées à la caisse des dépôts et consigna[illegible]tions pour être attribuées à qui il appartiendra d'après la [illegible]sion à rendre par les tribunaux.

Les créanciers hypothécaires ne peuvent faire valoir les [illegible] que leur reconnaît l'article 4 de la loi du 21 avril 1810 [illegible] redevance, non séparée du sol, que si la saisie immobilière [illegible] l'immeuble a été effectuée au moment de la confection des [illegible] qu'elle a été transcrite et signifiée à l'administration (art. [illegible]

La redevance tréfoncière dans ce système, — sans revenir [illegible] leurs sur cette fructification si particulière par les soins de l'[illegible] pendant dix ans, — prend donc un caractère juridique [illegible]

(*) V. sur ces concessions spéciales, L. Aguillon, *loc. cit.*

spécial. La redevance devient une sorte de créance personnelle dont profite celui qui, à un moment donné, est propriétaire du sol, sauf les droits qui viennent d'être rappelés en faveur du créancier hypothécaire ayant saisi l'immeuble.

L. A.

GRAND DUCHÉ DE BADE.

Loi générale sur les mines du 22 juin 1890.

Le droit minier du grand-duché de Bade avait été jusqu'ici constitué essentiellement par ce droit coutumier, connu en doctrine sous le nom de *gemeines deutsches Bergrecht;* quelques ordonnances spéciales formaient les seules règles de droit positif complétant cette coutume.

La loi du 22 juin 1890, qui fonde le nouveau droit minier badois, est, en dehors de quelques modifications peu importantes que nous allons signaler, la reproduction de la loi prussienne du 24 juin 1865 (*) ; celle ci tend donc de plus en plus à devenir la loi commune à toute l'industrie extractive allemande. Le texte prussien est aujourd'hui si connu et la reproduction qu'en fait la loi badoise est généralement si fidèle que nous nous bornerons à signaler les quelques modifications présentant un certain intérêt.

Aux substances légalement détachées de la propriété superficiaire et qui sont, on le sait, limitativement indiquées dans le système allemand, la loi badoise (§ 1) a ajouté le bismuth et les bitumes (pétrole et asphalte) — *Bitumen* (*Erdöl und Erdpech*). — Les minerais de fer des marais laissés au propriétaire du sol dans la loi prussienne lui sont retirés dans la loi badoise ; par contre cette dernière laisse aux propriétaires du sol l'or des laveries, bien qu'en principe ils n'aient aucun droit sur les gîtes d'or. Enfin la loi badoise n'a pas détaché le graphite de la propriété superficiaire.

Les gîtes de sel gemme et les sources salées sont réservés au monopole de l'État qui peut les exploiter ou les faire exploiter par voie de concessions attribuées, non d'après les règles du droit des mines, mais discrétionnairement comme en matière domaniale. Toutefois les exploitants, quels qu'ils soient et à quelque titre qu'ils travaillent, sont soumis à la loi des mines pour leurs

(*) V. *Annales des mines*, part. adm., 1868, p. 81.

relations avec les tiers : propriétaires du sol, autres exploitants, ouvriers (§§ 2 et 3).

Une autre remarque générale touche la nature des exploitations soumises légalement à la surveillance administrative des autorités minières. Tandis que la loi prussienne limite leur compétence et leur surveillance de police aux exploitations des substances détachées de la propriété du sol, la loi badoise (§§ 1er et 147), suivant sur ce point les précédents de la loi bavaroise (art. 197) (*), de la loi d'Alsace-Lorraine (§ 172) et de la loi de Hesse (art. 188), assimile à ces exploitations, pour ces objets, les fouilles ou exploitations souterraines de toutes les autres substances ; elle assimile en un mot — pour employer notre langue juridique — les carrières souterraines aux mines au point de vue de la surveillance administrative et de la police de leur exploitation.

La loi badoise a fait de ce principe, soit dit ici incidemment, une application intéressante, qui constitue une innovation dans le droit allemand, pour la protection des eaux minérales dont on sait l'intérêt et l'importance dans le grand-duché de Bade. Il résulte du paragraphe 6 que pour les sources désignées par le ministre de l'intérieur et dans un périmètre par lui indiqué dans chaque cas, les fouilles et travaux souterrains ne peuvent avoir lieu qu'avec une autorisation préalable de l'administration et sous les conditions fixées par elle.

Si nous revenons au droit minier, nous devons dire que sur tout ce qui concerne l'institution, la constitution et les attributs juridiques de la propriété minière considérée en elle-même, la loi badoise ne présente guère que des différences insignifiantes, de pure forme, avec la loi prussienne ; il serait inutile de s'y arrêter. Tout au plus peut-on mentionner l'obligation faite par la loi badoise de rapporter le consentement des créanciers inscrits pour obtenir la *consolidation* (fusion) de plusieurs mines entre elles ou le partage intégral d'une mine (§§ 55 et 59).

La loi badoise ne traite pas des *Knappschaftsvereine*, ou caisses de secours privées des mines, qui étaient réglementées par la loi prussienne, et qui subsistent en Prusse dans l'organisation générale des assurances ouvrières résultant des lois de l'Empire. Ces lois seules régiront la matière dans le grand-duché de Bade où il n'existait pas antérieurement de *Knappschaftsvereine*.

(*) V. *Annales des mines*, part. adm., 1878, p. 177.

Au point de vue des relations entre patrons et ouvriers, la loi badoise ne contient donc, dans ses paragraphes 74 à 79, que les dispositions, relatives au contrat de louage de services, qui correspondent aux paragraphes 80 à 93 de la loi prussienne avec les modifications toutefois que celle-ci a subies par suite des changements apportés par le *Gewerbeordnung* dans toutes les industries allemandes. Une seule différence, de quelque intérêt, est, en somme, à signaler entre les deux lois sur ce sujet aujourd'hui partout à l'ordre du jour. Le paragraphe 80 de la loi prussienne se bornait, on le sait, à prévoir l'envoi aux autorités minières des ordres de service pour le travail, des *règlements du travail* (*Arbeitsordnungen*), sans les rendre obligatoires pour les exploitants et sans donner la moindre compétence aux autorités minières sur ce point; la loi badoise (§ 74), à l'imitation de la loi saxonne (§ 78) (*) et de la loi autrichienne (§ 200) (**), rend au contraire obligatoire pour toute mine le *règlement du travail* (*Arbeitsordnung*) contenant les dispositions relatives aux heures et à la durée du travail, à la résolution du contrat du travail, au mode de paiement des salaires, aux amendes ou autres peines disciplinaires prévues pour la violation de l'*Arbeitsordnung* ainsi que les dispositions relatives à l'emploi de ces amendes. Le *règlement du travail* doit être communiqué aux autorités minières deux semaines avant sa mise en vigueur. Ces autorités doivent prescrire le changement ou la radiation des dispositions contraires à la loi, de toute exagération dans les peines ou de toutes dispositions impropres sur l'emploi des amendes.

La loi badoise présente avec la loi prussienne, sur le terrain du droit minier proprement dit, une autre différence importante au sujet des réunions de personnes associées de fait ou contractuellement pour l'exploitation des mines. Dans le système prussien les associés ont toute liberté d'adopter explicitement, par contrat, pour leur association, toute forme juridique du droit civil ou du droit minier. A défaut d'un contrat explicite, les associés forment nécessairement une société spéciale, dite *Gewerkschaft*, dont la loi des mines fixe le mode de fonctionnement en ce qui concerne tant les rapports entre associés que ceux entre les associés, ou la société, et les tiers. La loi badoise a adopté un système opposé. La *Gewerkschaft* n'est pour elle qu'une nouvelle forme de société dont les règles sont fixées par la loi des mines

(*) V. *Annales des mines*, part. adm., 1870, p. 43.
(**) V. *Annales des mines*, part. adm., 1869, p. 239.

et que les associés peuvent adopter par contrat spéci... l'association sans contrat, au lieu de former nécessaire... *Gewerkschaft*, comme dans le droit prussien, constitue ... communauté du droit civil. Cette conception a été très ... critiquée dans le restant de l'Allemagne où l'on trouve ... son que la communauté est une forme incompatible ... nécessités de l'exploitation des mines. Il a paru qu'il y avait ... recul plutôt qu'un progrès.

Au sujet des occupations de terrain, il y a lieu de ... mention explicite d'indemnité en faveur de celui qui ... sur le sol occupé, d'une servitude dont il ne pourra ... (§ 117) et les modifications de procédure ayant pour objet ... fixer les indemnités comme en matière d'expropriation ... cause d'utilité publique, tandis qu'en Prusse on applique ... cédure plus simple et plus habituelle de la fixation ... nité par les autorités ordinaires, après intervention ... de l'administration des mines.

Dans la section relative aux pénalités (§§ 156 à 158) ... doise, suivant encore ici le précédent de la loi bavaroise ... 213) (*), de la loi d'Alsace-Lorraine (§§ 190-191), de la loi ... temberg (art. 192-193) et de celle de Hesse (art. 201-20...) ... les pénalités spéciales contre les exploitations illicites ... Prusse, ne se trouvent pas dans la loi organique de 1865 ... font l'objet d'une loi spéciale du 26 mars 1856.

Telles sont les seules différences dignes d'être notées ... nouvelle loi et la loi prussienne de 1865; toutes — sauf peut-être celle relative aux *Gewerkschaften* et celles concernant ... sification légale des substances minérales — touchent ... plus qu'au fond du droit; il n'y a dans tout cela que des ... liorations de détail qui, pour la plupart, ont été emprunté... lois allemandes promulguées après la loi prussienne de ... notamment à la loi bavaroise et à celle d'Alsace-Lorraine.

L. A.

(*) V. *Annales des mines*, part. adm., 1878, p. 177.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME DIX-NEUVIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

Pages.

Expériences sur la sédimentation; par M. *J. Thoulet*. 5

Les mines d'or du Transvaal; par M. *de Launay* 102

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Note sur le coup de grisou survenu à la mine de Champagnac dans la nuit du 2 au 3 novembre 1888; par M. *Bernard*. 166

Méthodes d'exploitation des couches de houille puissantes; par M. *Frédéric Delafond*. 253

Avertisseur de grisou Thomas Shaw; par M. *Paul Bayard*. 379

Note sur le dosage du grisou par les limites d'inflammabilité; par M. *H. Le Chatelier* 388

Note sur l'accident de La Machine (Nièvre); par M. *Laurent*. 396

Note sur la mise en communication permanente des cages de mines en marche avec le machiniste; par M. *Janet*. 431

Les salines et les puits de feu de la province du Se-tchoan; par M. *Louis Colbre*. 441

OBJETS DIVERS.

Étude sur les institutions de prévoyance des ouvriers des chemins de fer et des mines en Angleterre, Italie et Belgique; par M. *Aymé-Martin* 36

Statistique de l'industrie minérale de la France. — Tableaux comparatifs de la production des combustibles minéraux, des fers, fontes et aciers, en 1889 et en 1890. 93

Note sur les dangers de l'emploi des boulons à charnières pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur; par MM. *Polonceau* et *Olry*. . . . .

Notice nécrologique sur M. du Souich, inspecteur général des mines; par M. *E. Castel*. . . . .

Notice nécrologique sur Édouard Phillips, inspecteur général des mines; par M. *Ed. Sauvage*. . . . .

Nouveaux ordres généraux de la compagnie de l'Ouest concernant: 1° la limitation de la vitesse des trains; 2° la distance à réserver entre les signaux avancés et les poteaux de limite de protection; 3° le nombre de freins à placer dans les trains. Note de M. *Massieu* . . . . . .

Influence de la distance et du champ de visibilité sur la probabilité d'être atteint par un projectile dans les tirs, armes à feu, les explosions de coups de mines, les projections quelconques; par M. *O. Keller*. . . . .

BULLETIN.

Statistique de l'industrie minérale de la Hongrie en 1889 . . . . . .

Statistique des mines de houille de la Haute-Silésie en 1890 . . . .

Production de la fonte aux États-Unis en 1890 et en 1880. . . . . .

Statistique de l'industrie minérale de l'Italie en 1889. . . . .

Le service des locomotives par équipes doubles et multiples aux États-Unis en 1890. . . . .

Législation étrangère. Grand duché de Luxembourg. . . . .

— Grand duché de Bade . . . .

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME DIX-NEUVIÈME.

I. — Expériences sur la sédimentation.

II. — Mines d'or du Transvaal.

III à V. — Dangers de l'emploi des boulons à charnière pour maintenir les obturateurs amovibles de certains récipients de vapeur.

VI. — Explosion de grisou de la mine de Campagnac.

VII à IX. — Méthodes d'exploitation des couches de houille puissantes.

X. — Avertisseur de grisou Thomas Shaw.

XI et Pl. XII, *fig.* 1 à 4. — Accident de La Machine.

XII, *fig.* 5 à 9. — Mise en communication des cages de mines en marche avec le machiniste.

XIII à XV. — Salines et puits de feu de la province du Se-Tchoan.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

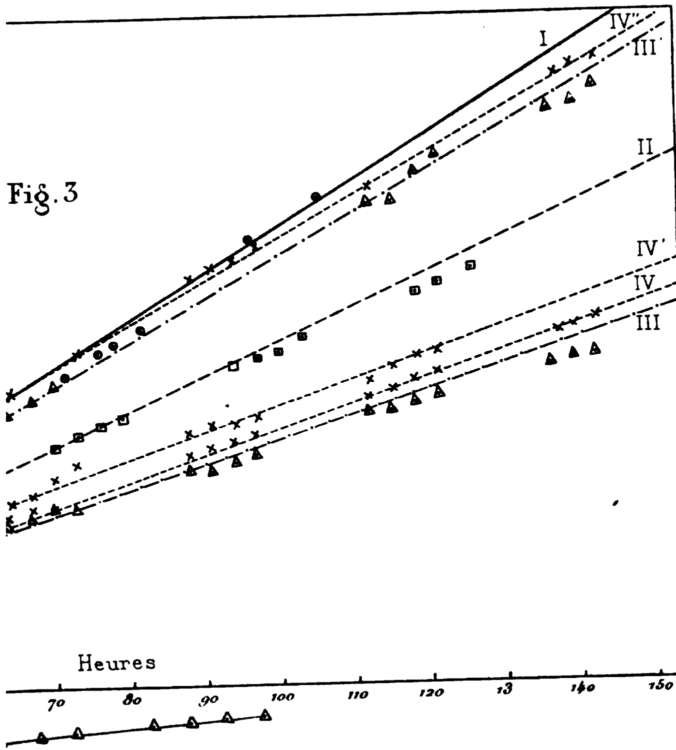


Fig. 3
I
IV''
III'
II
IV'
IV
III
Heures
70
80
90
100
110
120
13
140
150

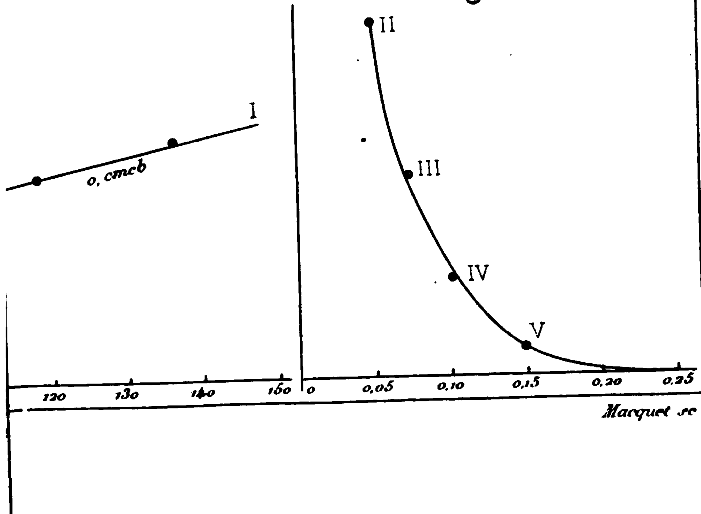
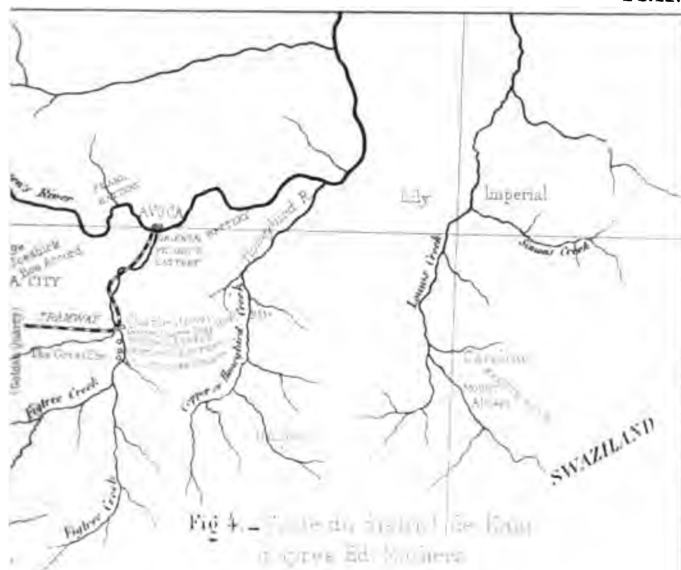
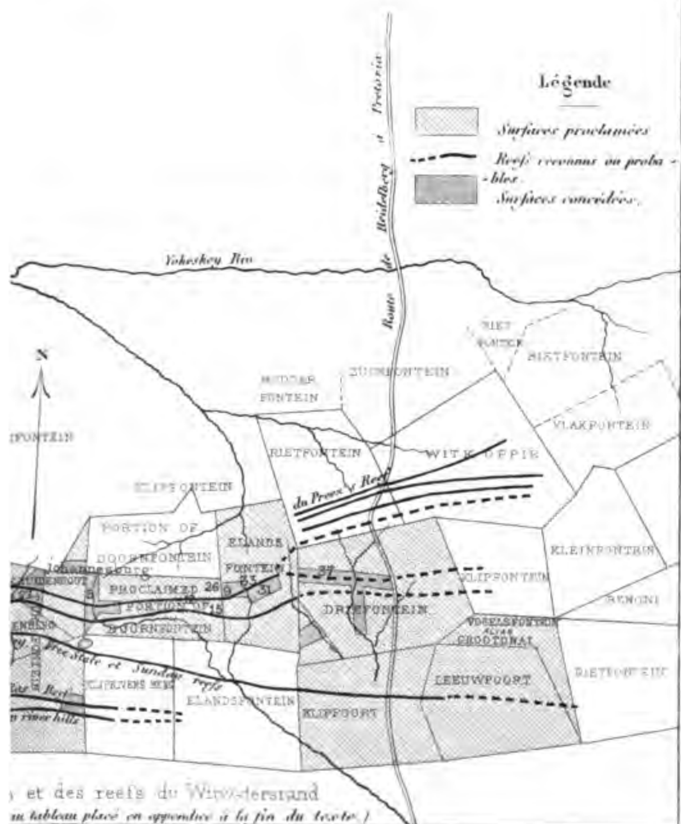


Fig. 6
I
0, cmcb
120
130
140
150
II
III
IV
V
0
0,05
0,10
0,15
0,20
0,25
Marquet sc

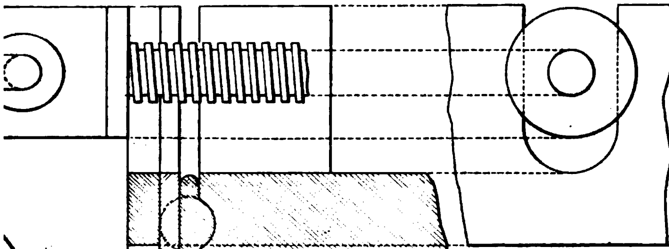






et des reefs du Witwatersrand
(... au tableau placé en appendice à la fin du texte.)

Macquel sc.



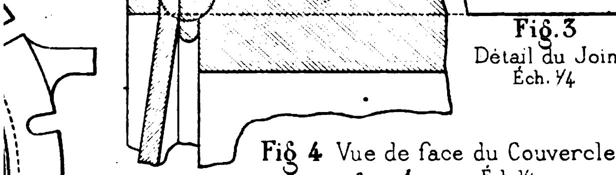


Fig. 3
Détail du Joint
Éch. 1/4

Fig 4 Vue de face du Couvercle
Éch: 1/40

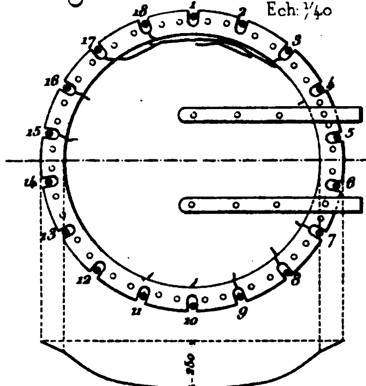
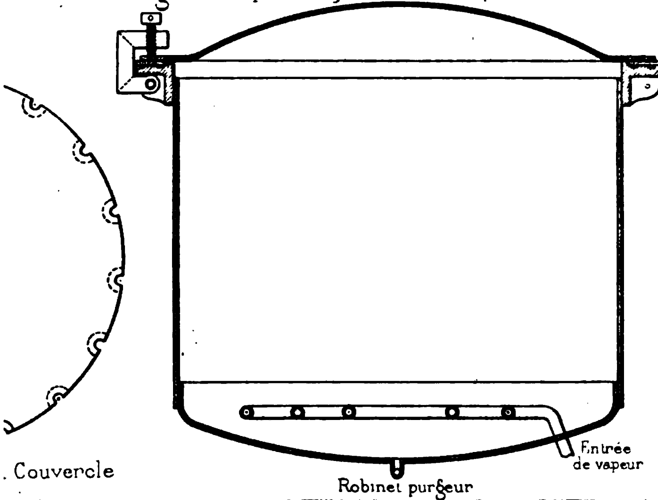


Fig. 8 Récipient Lévy et Kiener Coupe verticale. Éch 1/20

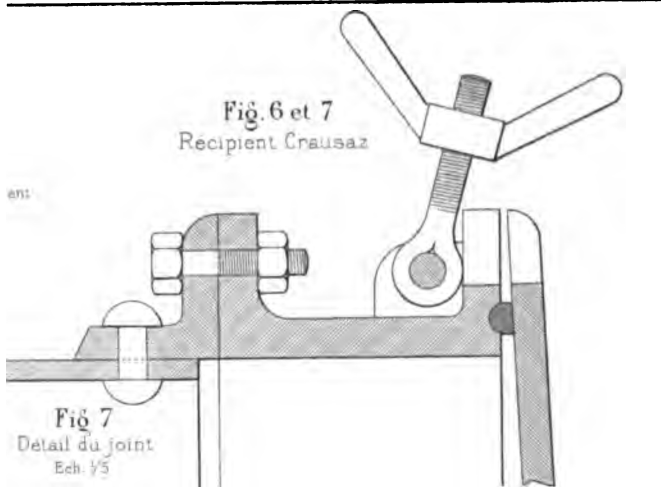


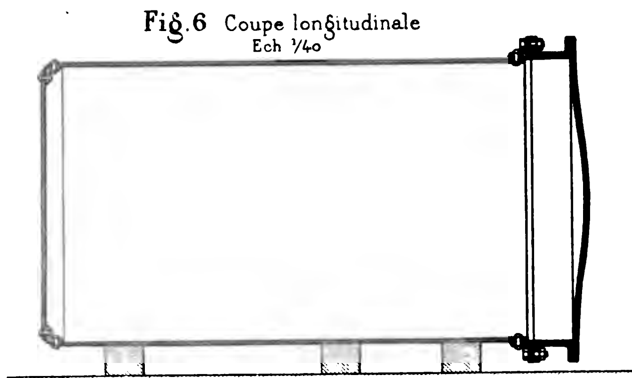
. Couvercle

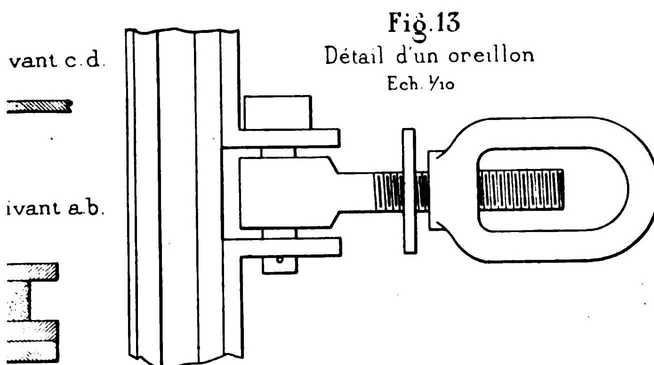
Macquet sc.



Pl. IV

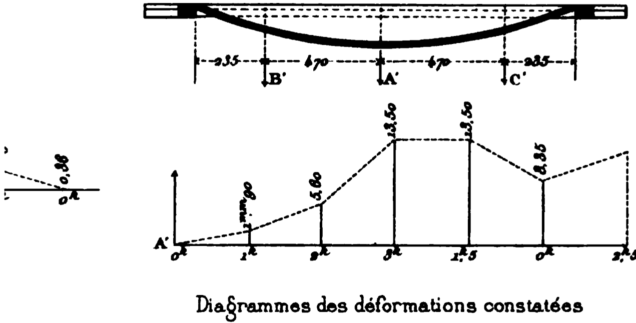




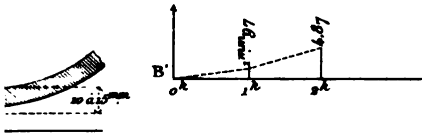


Macquet sc.

Fig. 4 Deuxième Série d'expériences
Coupe suivant l'axe du Couvercle



Diagrammes des déformations constatées



C'
2mm,90
5,50
0k
1k
2k

xpériences
d du Couvercle

xpériences
joint

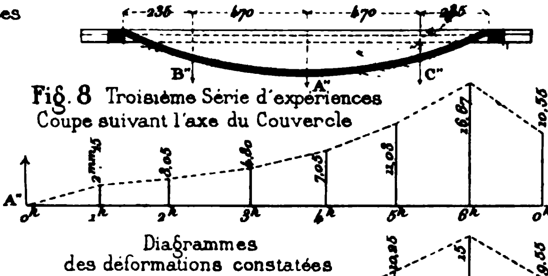


Fig. 8 Troisième Série d'expériences
Coupe suivant l'axe du Couvercle

Diagrammes
des déformations constatées

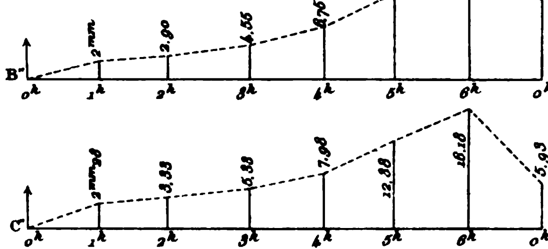
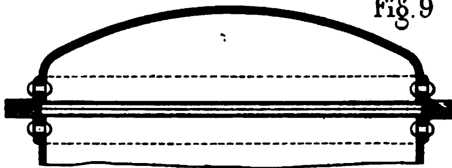
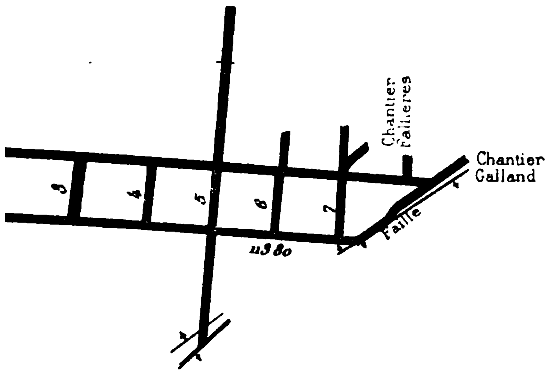


Fig. 9



Macquet sc.



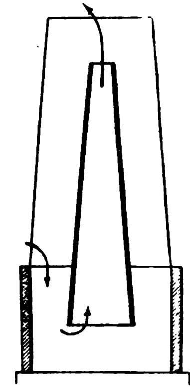
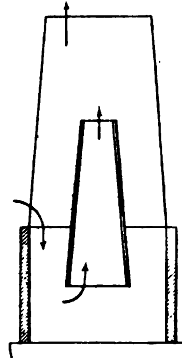
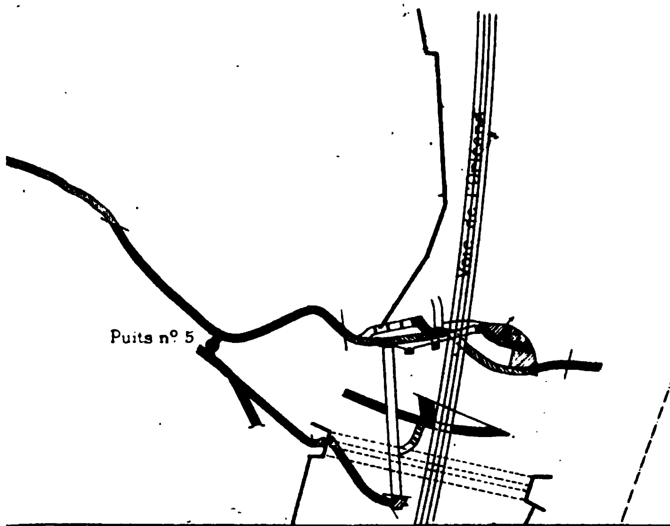


Fig. 5



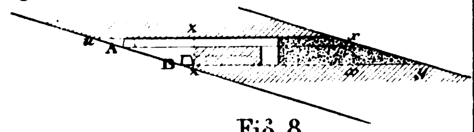
Lampe Mueseler type

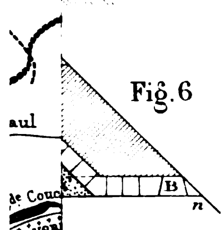
Lampe Cosset-Dubrulle

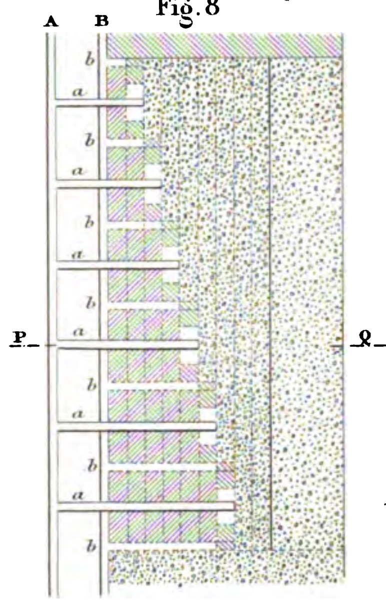


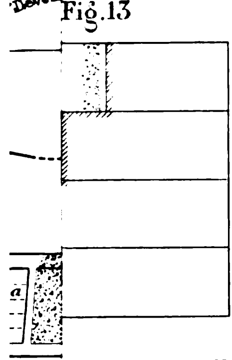
Macquet sc.

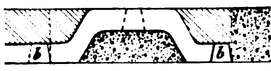

uche n
uche n°

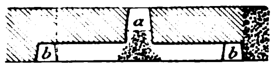

Fig 7 (Coupe suivant P Q. Fig. 8)
x
A
B

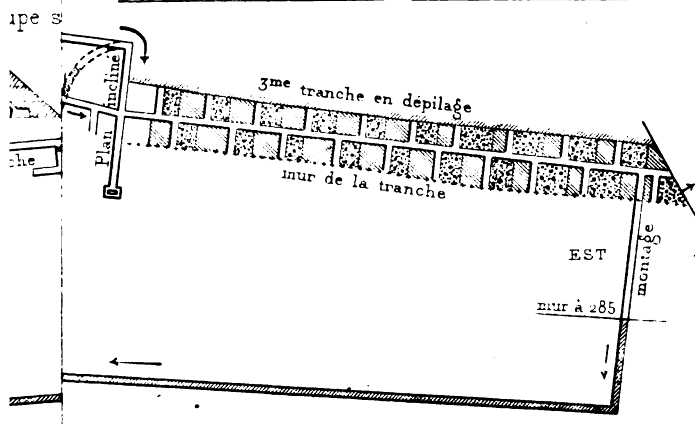

Fig. 6
aul
B
n


Fig. 8
A
B
b
a
P
Q

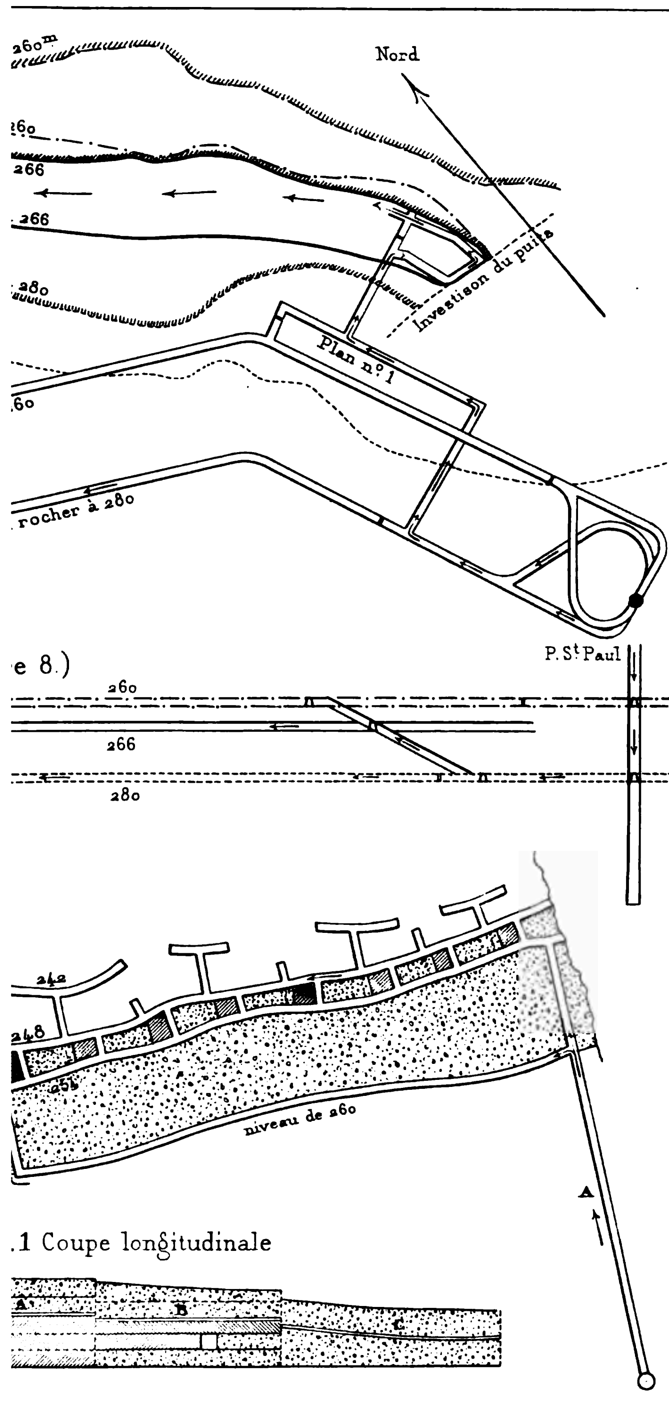

Fig. 13
a


Fig. 10
b
b


Fig. 9
a
b
b


3me tranche en dépilage
Plan incliné
mur de la tranche
EST
montage
mur à 285

Mauquet sc.


260m
Nord
260
266
266
280
Investison du puits
Plan n° 1
60
rocher à 280
e 8.)
P. St Paul
260
266
280
242
248
251
niveau de 260
A
.1 Coupe longitudinale
A
B
C

Macquet sc



Fig. 1

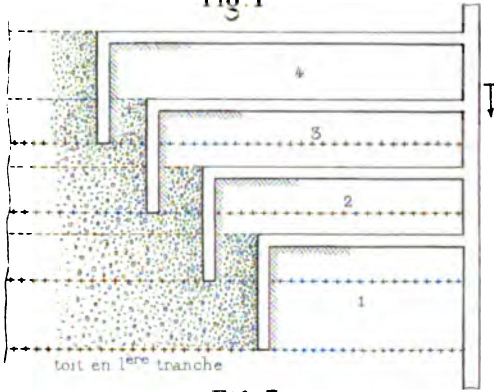


Fig. 3

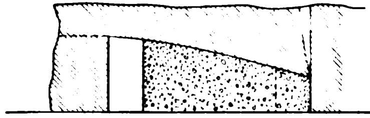


Fig. 4

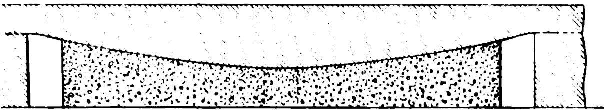
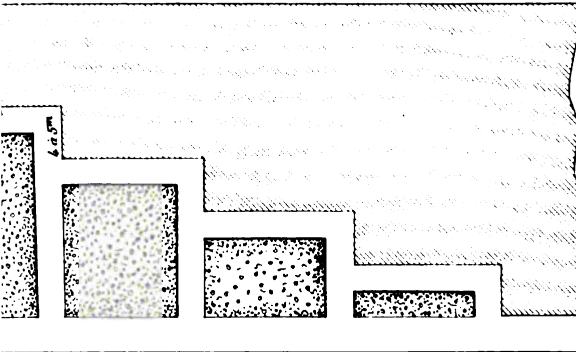
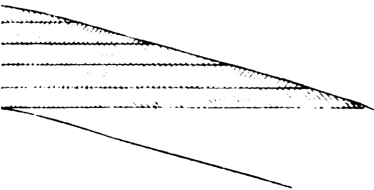


Fig. 5





Macquet sc.

Fig. 3

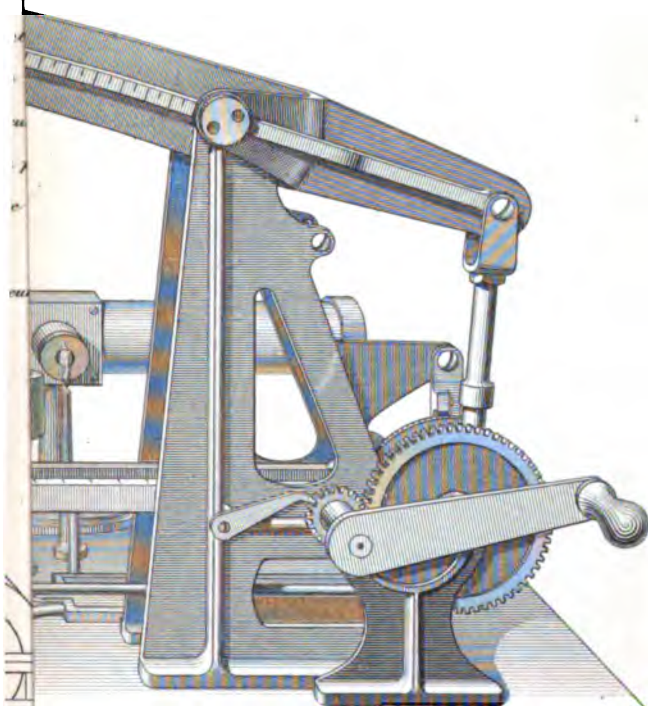
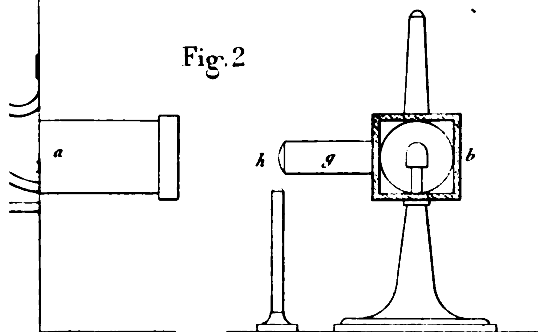
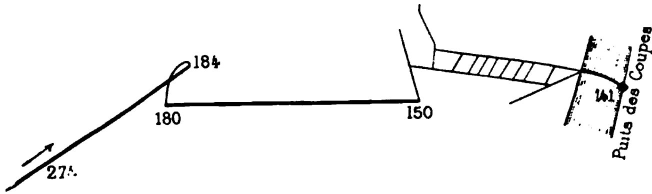


Fig. 2



Macquet sc.



Légende

Travers-bancs

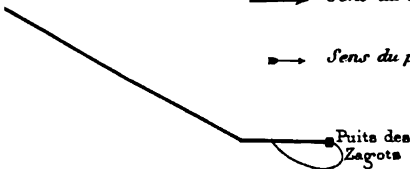
Galeries dans la 1ère Blard

Galeries dans la 2ème Blard

Eboulis / Charbon — Limites des parties dépilées

Sens du courant d'air

Sens du pendage des accidents



Macquet sc.

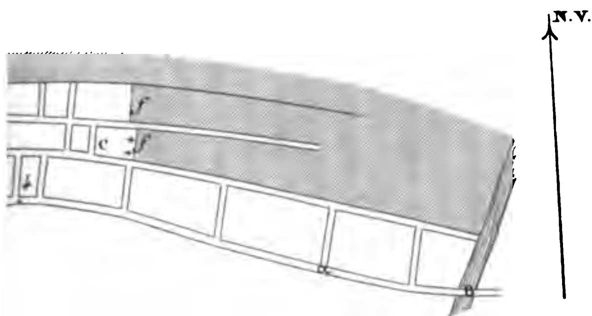


Fig. 5.

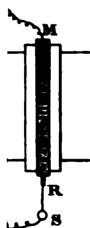


Fig. 6.

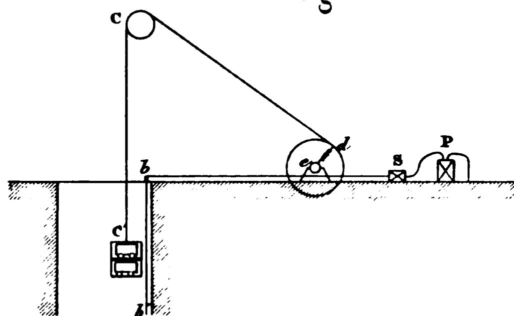


Fig. 8.

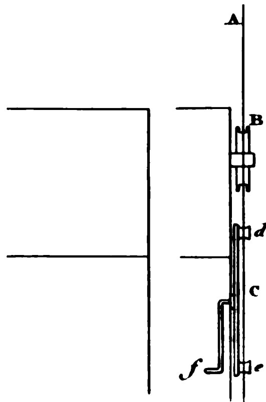
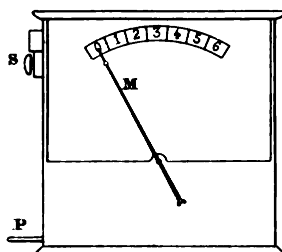


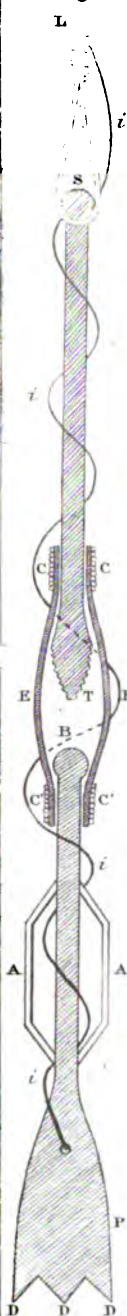
Fig. 9.



Marquet sc.

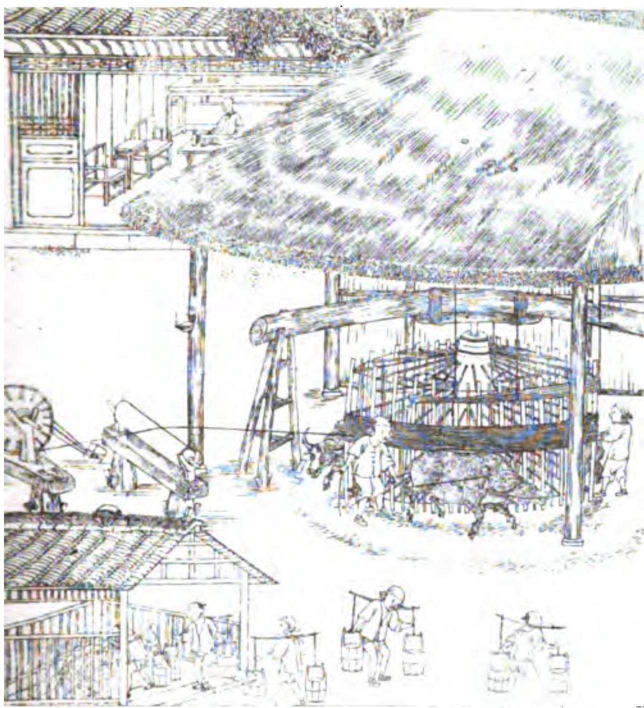


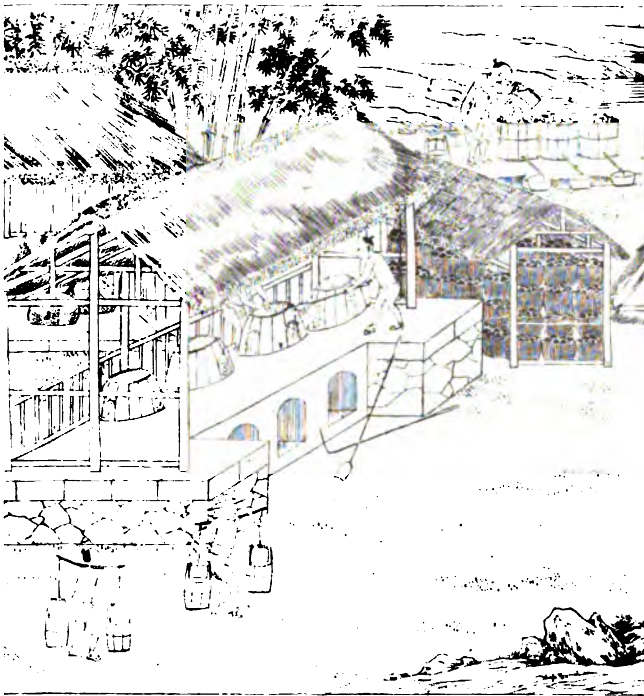




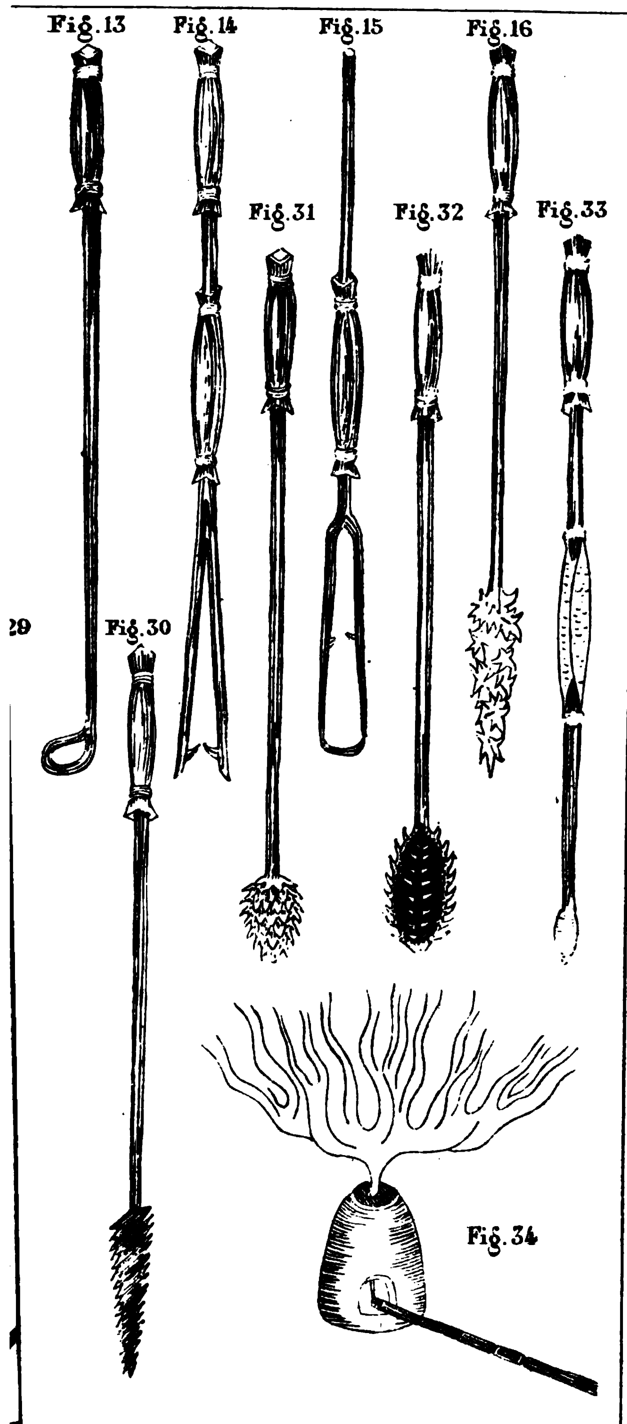


Photogravure Lumière

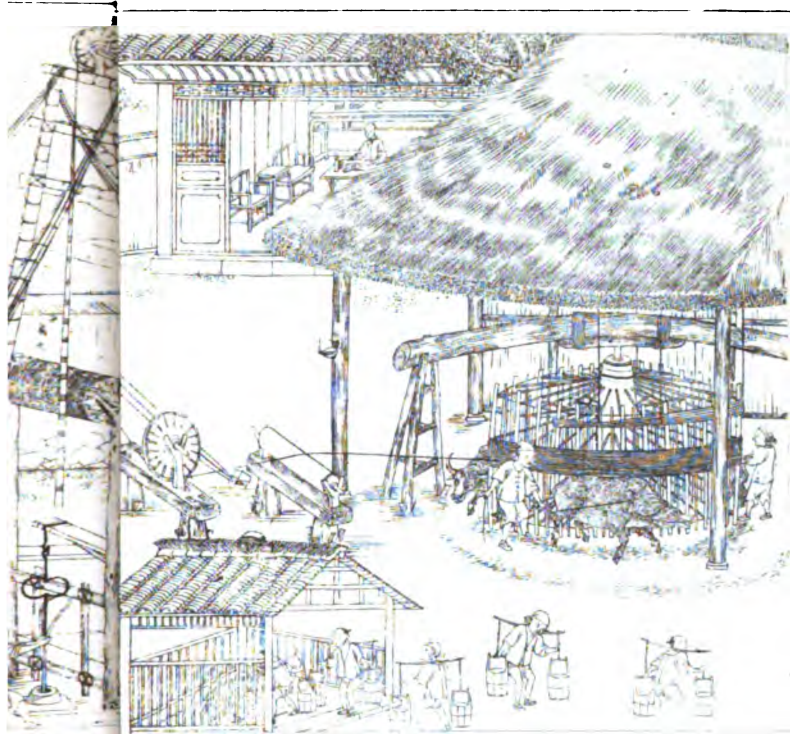


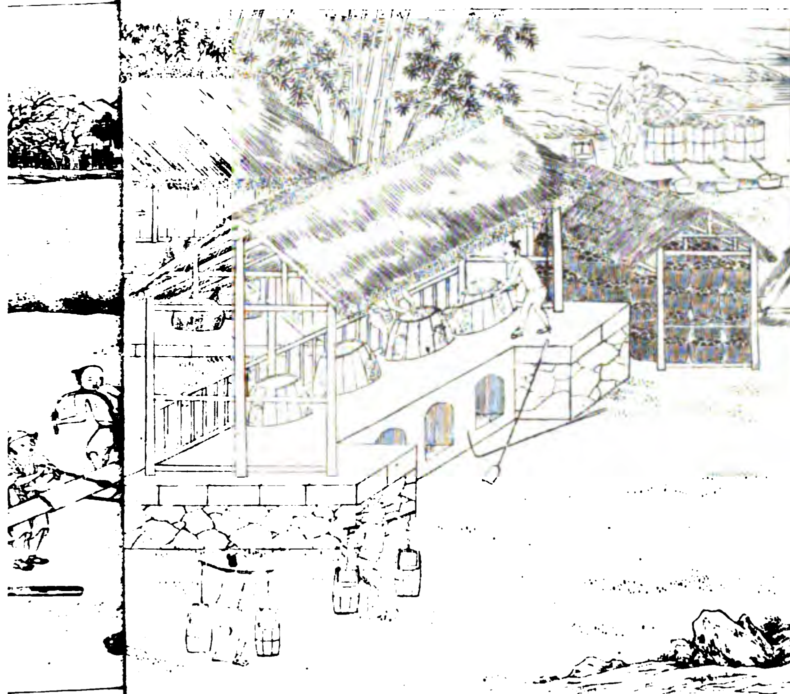


Photogravure Lumière



Photogravure Lumière





Photogravure Lumière

Fig. 2

F

Fig. 13

Fig. 14

Fig. 15

Fig. 16

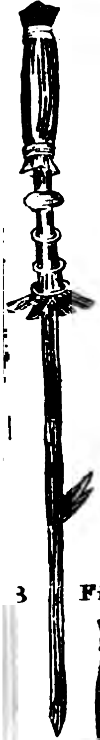










Fig. 31

Fig. 32

Fig. 33







3

Fig. 19

29

Fig. 30





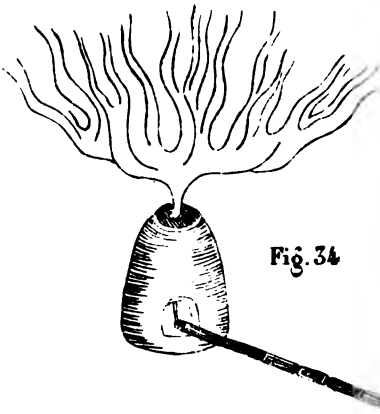


Fig. 34

Photogravure Lumière





